



TUGAS AKHIR - TM 141585

# **RANCANG BANGUN PELONTAR PELURU YANG DILENGKAPI DENGAN KAMERA STEREO UNTUK PENDETEKSIAN TARGET SECARA OTOMATIS**

Adityo Kuncorojati  
NRP. 2109 100 029

Dosen Pembimbing  
Arif Wahjudi, ST., MT., PhD.

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TM141585

# **DESIGN OF BULLET LAUNCHER WHICH BE EQUIPPED WITH STEREO CAMERA FOR AUTOMATIC TARGET RECOGNITION**

Adityo Kuncorojati  
NRP. 2109 100 029

Academic Advisor  
Arif Wahjudi, ST., MT., PhD.

DEPARTMENT MECHANICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015

## LEMBAR PENGESAHAN

### RANCANG BANGUN PELONTAR PELURU YANG DILENGKAPI DENGAN KAMERA STEREO UNTUK PENDETEKSIAN TARGET SECARA OTOMATIS

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Mesin pada Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi S-1  
Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**ADITYO KUNCOROJATI**

NRP. 2109 100 029

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

1. Arif Wahyudi, ST., MT., Ph.D.  
(NIP.19730322 200112 1 001) ..... (Pembimbing)
2. Prof. Dr.Ing. I Made Londen Bapam, M.Eng.  
(NIP.195811061986011002) ..... (Penguji 1)
3. Dr.Eng. Unggul Wasiwitono, ST., M.Eng.Sc.  
(NIP.19780510 200112 1 001) ..... (Penguji 2)
4. Ari Kurniawan Saputra ST, MT.  
(NIP.....) ..... (Penguji 3)

**SURABAYA  
AGUSTUS 2015**

# **RANCANG BANGUN PELONTAR PELURU YANG DILENGKAPI DENGAN KAMERA STEREO UNTUK PENDETEKSIAN TARGET SECARA OTOMATIS**

**Nama Mahasiswa** : ADITYO KUNCOROJATI  
**NRP** : 2109 100 029  
**Jurusan** : Teknik Mesin FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Arif Wahjudi, ST., MT., Ph.D

## **Abstrak**

*Kebutuhan peralatan militer saat ini menjadi wajib bagi seluruh negara untuk menjaga kedaulatan negaranya. Seiring dengan berkembangnya zaman, teknologi persenjataan pun terus berkembang mengikuti kebutuhan yang terus meningkat. Pengembangan persenjataan pun terus dilakukan dimulai dari senjata manual jarak pendek dan jarak panjang, senjata semi otomatis dengan kecepatan penembakan yang lebih tinggi, hingga senjata otomatis dengan kecepatan penembakan sangat tinggi. Melihat perkembangan yang sangat pesat itulah, maka diperlukan adanya sistem persenjataan yang bukan hanya dapat menembak dengan cepat, tetapi juga dapat mengenali target secara otomatis sehingga memiliki kecepatan dan akurasi yang cukup tinggi.*

*Dalam tugas akhir ini, sebuah model pelontar peluru plastik yang dilengkapi dengan pengenalan objek secara otomatis akan dibuat. Model ini digerakkan secara otomatis melalui komputer, baik pergerakan arah laras maupun penembakannya sesuai dengan posisi benda target. Target yang ditentukan adalah pada posisi sudut inklinasi dan sudut rotasi laras sebesar  $(60^0, 30^0)$ ,  $(0^0, 30^0)$ , dan  $(-60^0, 30^0)$ . Pada masing-masing titik target diambil 3 buah data dimana setiap data dilakukan pengujian sebanyak 5 kali penembakan. Kemudian nilai akurasi dan kepresisian masing-masing target dihitung melalui nilai rata-rata pengujian penembakan.*

*Dari perancangan yang telah dilakukan, ditetapkan diameter poros adalah 30 mm, dan tebal papan penyangga adalah 10mm. Material yang digunakan untuk konstruksi rangka pelontar peluru adalah plastik nilon PP. Tekanan udara minimal pada sistem saluran udara adalah 0,54 bar. Error yang terjadi pada pengujian adalah 4,457 pada target  $(-60^0,30^0)$ , sedangkan pada target  $(0^0,30^0)$  adalah 4,612, dan 4,888 pada target  $(60^0,30^0)$ . Kepresisian yang didapatkan dari hasil pengujian adalah 44,67 mm pada target  $(-60^0,30^0)$ , sedangkan pada target  $(0^0,30^0)$  adalah 48 mm, dan 56,33 mm pada target  $(60^0,30^0)$ .*

***Kata kunci: Akurasi, Otomatis, Pelontar Peluru, Presisi***

# **DESIGN OF BULLET LAUNCHER WHICH BE EQUIPPED WITH STEREO CAMERA FOR AUTOMATIC TARGET RECOGNITION**

**Name : ADITYO KUNCOROJATI**  
**Reg Number : 2109100029**  
**Department : Mechanical Engineering**  
**Academic Supervisor: Arif Wahjudi,ST.,MT.,PhD.**

## ***Abstract***

*The needs of military equipment become important for all of countries for make sure that their country is secured. In other way, weapon technology always improve to fulfill the requirement of weapon. The improvement of weapon from manual weapon, semi automatic which has faster shooting time than manual weapon, and fully automatic weapon which has higher accuracy, higher precision. Due to fast improvement of weapon, it is important to make a weapon which not only shoot faster, but also have an automatic target recognition that can make higher precision and higher accuracy.*

*In this final project, a prototype of bullet launcher which be equipped with automatic target recognition will be made. The movement and shooting of this prototype is has been controlled automatically by computer. Targets that is determined for inclination dan rotation angle of launcher are  $(60^{\circ}, 30^{\circ})$ ,  $(0^{\circ}, 30^{\circ})$ , and  $(-60^{\circ}, 30^{\circ})$ . In each target, will be taken for 3 data that each data will be shot in 5 times. Then, accuracy and precision value from each target will be calculated from the average of shooting result.*

*From the calculation of launcher design, the material of launcher use Polyporphylene nylon which has 30 mm of diameter of shaft, and thickness of cantilever board is 10mm. Then for air system, the minimum air pressure for compressor is 0,54 bar. Then from the accuracy result, standard error values are 4,457 for  $(-60^{\circ}, 30^{\circ})$  target, 4,612 for  $(0^{\circ}, 30^{\circ})$  target, and 4,612 for*

$(60^0, 30^0)$  target. For precision result, precision value that has been calculated is 44,67 mm for  $(-60^0, 30^0)$ , 48 mm for  $(0^0, 30^0)$  target, and 56,33 mm for  $(60^0, 30^0)$  target.

**Keywords:** *Automatic, Accuracy, Bullet Launcher, Precision*

## KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala berkat limpahan rahmat dan hidayahNya sehingga penulisan Tugas Akhir dengan judul *“Rancang Bangun Pelontar Peluru Yang Dilengkapi Dengan Kamera Stereo Untuk Pendeteksian Target Secara Otomatis”* ini dapat diselesaikan. Tidak lupa sholawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad Sallallahu alaihi wasallam. Dalam penyusunan Tugas Akhir tidak lepas dari bantuan banyak pihak baik moral, material maupun spiritual. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- Kedua orang tua tersayang, Bapak Lilih Dwi Priyanto dan Ibu Ruliasih serta kakak dan adik tercinta. Atas segala perhatian, dukungan, motivasi, pengertian dan kesabaran yang telah diberikan selama ini.
- Arif Wahjudi, ST, MT, Ph.D selaku dosen pembimbing dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M. Eng., Dr.Eng. Unggul Wasiwitono, ST., M.Eng.Sc., Ari Kurniawan Saputra, ST.MT. dan selaku dosen penguji Tugas Akhir atas bimbingan dan sarannya.
- Seluruh civitas akademika Teknik Mesin FTI ITS yang telah mendukung kegiatan belajar selama di Teknik Mesin.
- Pradipta Pangastuti, Nila Cynthia Dewi, Irvan Dwi Putra, serta Daud Setiawan yang telah memberikan support dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
- Teman-teman anggota BEM ITS Transformer 2011/2012
- Teman-teman anggota BEM ITS Mahakarya 2012/2013
- Teman-teman anggota Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk.

Sekalipun Tugas Akhir ini selesai melalui serangkaian proses yang cukup panjang dengan segala keterbatasan



kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis, namun tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut.

Penulis berharap hasil penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Agustus 2015

Penulis,

## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	i
<b>ABSTRAK</b>	iii
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>KATA PENGANTAR</b>	vii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b>	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	4
2.1 Pengenalan Target Secara Otomatis	4
2.2 Tinjauan Umum	5
2.2.1 Senapan Semi Otomatis	5
2.2.2 Senapan Angin	5
2.2.2.1 Senapan Tipe Per/Pegas	6
2.2.2.2 Senapan Gas Tabung	6
2.2.2.3 Senapan Pompa	7
2.2.3 Silinder Pneumatik	7
2.2.4 Solenoid Valve	10
2.2.4.1 Prinsip Kerja	11
2.2.4.2 Mekanisme Rangkaian Sistem Pneumatik	12
2.2.5 Pengaturan Tekanan Udara	13
2.2.6 Akurasi dan Presisi	14
<b>BAB III METODE PERANCANGAN</b>	16
3.1 Diagram Alir Metodologi Perancangan	16
3.2 Tahap Perancangan	17
3.2.1 Studi Literatur dan Studi Lapangan	17
3.2.2 Perumusan Masalah	17

3.2.3 Penyusunan Daftar Kebutuhan ( <i>List of Requirements</i> ).....	17
3.2.4 Perancangan Pelontar Peluru.....	18
3.2.5 Pengaturan Tekanan Udara.....	18
3.2.6 Pengujian Penembakan.....	18
3.2.7 Evaluasi Akurasi dan Kepresisian.....	18
3.2.8 Kesimpulan dan Saran.....	18
<b>BAB IV PERANCANGAN DESAIN PELONTAR</b>	
<b>PELURU</b> .....	19
4.1 Rancangan Pelontar Peluru.....	19
4.1.1 Spesifikasi Peluru dan Target Penembakan.....	19
4.1.2 Perhitungan Beban Bagian Penembak.....	19
4.1.2.1 Selongsong.....	19
4.1.2.2 Silinder Pneumatik.....	20
4.1.2.3 Rancangan Konstruksi Bagian Penembak.....	20
4.2 Perhitungan Sistem Saluran Udara.....	26
4.2.1 Kompresor.....	26
4.2.2 Solenoid Valve.....	28
4.3 Pembuatan Pelontar Peluru.....	29
4.3.1 Proses Machining.....	29
4.3.2 Proses Pemotongan Besi.....	30
4.4 Perakitan Pelontar Peluru.....	30
4.4.1 Pengelasan Penyangga Pelontar Peluru.....	30
4.4.2 Perakitan Menggunakan Baut dan Besi Siku.....	31
<b>BAB V PENGUJIAN PELONTAR PELURU</b> .....	32
5.1 Prosedur Pengujian.....	32
5.2 Hasil Pengujian.....	33
5.3 Analisa Hasil.....	34
5.3.1 Akurasi.....	34
5.3.1.1 Target $(-60^0, 30^0)$ .....	34
5.3.1.2 Target $(0^0, 30^0)$ .....	35
5.3.1.3 Target $(60^0, 30^0)$ .....	35
5.3.2 Evaluasi Kepresisian.....	36
5.3.2.1 Evaluasi Kepresisian Pada Target $(-60^0, 30^0)$ .....	36
5.3.2.2 Evaluasi Kepresisian Pada Target $(0^0, 30^0)$ .....	36

5.3.2.3 Evaluasi Kepresisian Pada Target ( $60^0, 30^0$ ) .....	37
5.4 Evaluasi Pelontar Peluru .....	38
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

*Halaman sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

1.	Tabel 3.1 <i>List of Requirements</i> .....	17
2.	Tabel 5.1 Hasil Pengujian Pada Target $(-60^0, 30^0)$ .....	35
3.	Tabel 5.2 Hasil Pengujian Pada Target $(0^0, 30^0)$ .....	35
4.	Tabel 5.3 Hasil Pengujian Pada Target $(60^0, 30^0)$ .....	35

*Halaman sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Kebutuhan sistem pertahanan di masa kini menjadi wajib bagi seluruh negara untuk menjaga kedaulatan negaranya. Hal ini dikarenakan adanya kemungkinan ancaman dari pihak luar yang dapat mengancam stabilitas kedaulatan negara. Seiring dengan berkembangnya zaman, teknologi persenjataan pun terus berkembang mengikuti kebutuhan yang terus meningkat. Fenomena tersebut secara langsung menuntut badan pertahanan di setiap negara untuk selalu melakukan inovasi dalam menciptakan suatu teknologi yang lebih aman, lebih mudah, serta memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi. Pengembangan persenjataan pun terus dilakukan mulai senjata manual jarak pendek dan jarak panjang, senjata semi otomatis dengan kecepatan penembakan yang lebih tinggi, hingga senjata otomatis dengan kecepatan penembakan sangat tinggi.

Salah satu sisi pengembangan persenjataan adalah peningkatan kecepatan dan kemudahan dalam penembakan. Namun kecepatan yang tinggi juga harus diimbangi dengan kecepatan pembidikan yang tinggi tetapi tetap mengutamakan akurasi. Kebutuhan pembidikan yang cepat hanya dapat dicapai dengan pembuatan sistem pergerakan laras secara otomatis yang diatur menggunakan program software. Saat ini senjata dengan sistem pengenalan target sedang dikembangkan, dengan harapan senapan dapat langsung membidik target dengan cepat dan tepat secara otomatis. Penelitian yang dilakukan oleh Ganggang Dong dan Gangyao Kuang adalah dengan menciptakan suatu model pengenalan target dengan metode pengumpulan informasi melalui teori pembuktian Dempster-Shafer [1]. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Christina Grönwall, Fredrik Gustafsson, dan Mille Millnert adalah pengenalan target dengan metode *Rectangle Estimation* yaitu dengan memanfaatkan sinar laser [2]. Dari kedua penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa kebutuhan untuk



pengembangan inovasi persenjataan dalam hal pengenalan target sangat penting. Oleh karena itu kita sebagai warga negara Indonesia, dimana negara kita adalah negara kepulauan yang memiliki wilayah yang cukup luas, harus berperan aktif dalam pengembangan persenjataan yang bersifat modern dan mampu mengenali target secara otomatis untuk mendukung sistem pertahanan yang dibutuhkan oleh negara kita.

Dalam tugas akhir ini, akan dirancang dan dibangun sebuah sistem pelontar peluru yang dilengkapi kamera stereo kemudian diuji tingkat kepresisian tembakannya dengan melakukan sebuah pemodelan uji penembakan dengan jarak penembakan sejauh 3 m dan target sebesar 7 cm, sebagai langkah awal penelitian pendeteksian target secara otomatis.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari Tugas Akhir ini adalah:

- a. Bagaimanakah perancangan pelontar peluru plastik dengan jarak 3 m dan target sebesar 7 cm?
- b. Bagaimanakah membangun pelontar peluru plastik yang sudah dirancang?

### **1.3. Tujuan**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

- a. Perancangan pelontar peluru plastik dengan jarak 3 m dan target sebesar 7 cm.
- b. Membangun pelontar peluru plastik yang sudah dirancang.

### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah:

- a. Peluru menggunakan peluru plastik dengan diameter 6 mm.
- b. Pelontar menggunakan udara.
- c. Sistem pengendali tidak dibahas.
- d. Sistem pendeteksian target tidak dibahas.

### **1.5. Manfaat**

Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat pada semua pihak. Manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Memperkaya dan memperdalam wacana dalam bidang ilmu manufaktur khususnya mengenai perancangan pelontar peluru.
- b. Memberikan kontribusi nyata pada pengembangan teknologi perancangan pelontar peluru, demi terciptanya kemajuan teknologi nasional khususnya di bidang pertahanan.

*Halaman sengaja dikosongkan*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengenalan Target secara Otomatis**

Penelitian terdahulu yang sudah meneliti bidang pengenalan target otomatis (*Automatic Target Recognition*) telah menggunakan berbagai macam metode. Salah satu penelitian di bidang tersebut yang telah dilakukan adalah dengan metode *Rectangle Estimation* dimana penelitian tersebut menggunakan prinsip radar laser 3 dimensi untuk mendeteksi target objek [1]. Metode ini menggunakan plotting data secara 3 dimensi dari hasil pembacaan sinar laser. Objek yang memiliki bentuk dan kontur yang kompleks disimulasikan dalam sebuah bentuk kubus. Mekanisme pengenalan target otomatis ini dibagi menjadi 4 tahap. Tahap tersebut terdiri dari estimasi dan pengukuran 3 dimensi, simulasi bentuk target menjadi bagian-bagian kecil dalam sebuah kubus, identifikasi bagian dan prediksi fungsi dari objek target, serta sinkronisasi objek target dengan model CAD. Inti dari metode ini ada pendekatan model dengan *Rectangle Estimation*. Kemudian hasil percobaan ini diuji dan dievaluasi dengan metode statistik menggunakan simulasi Monte Carlo.

Penelitian lain tentang *Automatic Target Recognition (ATR)* yang menggunakan metode yang berbeda dari penelitian sebelumnya juga telah dilakukan. Metode yang mereka gunakan adalah dengan melakukan pengumpulan data, kemudian dilakukan pendekatan dengan teori pembuktian Dempster-Shafer [2]. Input data yang digunakan berupa gambar dari *Synthetic Aperture Radar (SAR)*. Gambar SAR ini memiliki karakteristik yang kemudian dianalisa dengan menggunakan Sinyal Monogenik. Namun karena komponen dari Sinyal Monogenik ini memiliki perbedaan dimensi yang signifikan, maka data tersebut tidak dapat langsung digunakan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan pengumpulan data dari beberapa kali percobaan. Meskipun begitu, metode ini masih kurang akurat dikarenakan masih ada beberapa data yang tidak dapat diteliti.

Untuk meningkatkan hasil penelitian, maka dilakukan pendekatan dengan meneliti Komponen sinyal monogenik ini menggunakan algoritma sehingga hasilnya dapat terbaca sebagai target. Setelah mendapatkan hasil dari beberapa sampel yang menggambarkan bentuk dan dimensi dari target, langkah selanjutnya adalah memprediksi kemungkinan besar massa dari objek target. Setelah itu, dilakukan pendekatan dari data yang diperoleh dari sinyal monogenik ini menggunakan Hukum Dempster.

## 2.2 Tinjauan Umum

### 2.2.1 Senapan Semi Otomatis

Senapan semi otomatis seperti pada gambar 2.1 adalah tipe senapan yang menembakkan satu peluru setiap kali pemicunya ditarik, setelah peluru meluncur, selongsong keluar secara otomatis kemudian amunisi peluru yang baru masuk ke rongga mekanisme untuk siap ditembakkan kembali [3].



**Gambar 2.1** Senapan Semi Otomatis [3]

### 2.2.2 Senapan angin

Senapan angin adalah senjata yang menggunakan prinsip pneumatik yang menembakkan proyektil dengan menggunakan tenaga udara atau sejenis gas tertentu yang dimampatkan [4]. Senapan angin biasanya digunakan untuk olahraga dan berburu binatang kecil seperti burung dan tupai, ukuran peluru yang dipakai biasanya juga tidak terlalu besar yaitu ukuran kaliber .177 atau 4,5 mm dan 5,5 mm biasanya terbuat dari bahan timah, meskipun begitu senapan ini bisa membunuh manusia kalau prosedur pemakaiannya keliru atau disalahgunakan.

### 2.2.2.1. Senapan tipe per/pegas

Senapan angin yang memakai per untuk memompa udara untuk mendorong peluru. Untuk yang bertipe per, senapan angin dibagi dalam:

- tipe under lever,
- bolt action, dan
- patah laras (*break barrel*).

Pembagian tipe tersebut berdasarkan cara pegas di tekan sehingga senapan dalam keadaan terkangkang untuk siap tembak.

### 2.2.2.2 Senapan Angin Gas Tabung

Gas sudah dipompa terlebih dahulu sebelum senjata akan digunakan.

1. Menggunakan tabung Gas CO<sub>2</sub> kecil yang mana proyektil atau pelet di dorong menggunakan tekanan yang Gas CO<sub>2</sub> dari dalam tabung, tekanan yang dihasilkan tidak terlalu besar, biasanya di pergunakan pada pistol atau senapan angin dengan jarak tembak pendek +/- 10m. Pellets yg digunakan biasanya tipe diabolo.
2. Menggunakan udara tekan biasa disebut PCP (Pre Charge Pneumatic) memiliki tekanan yang besar antara 2.000 - 3.000 psi, dapat melontarkan proyektil atau pellet sampai kecepatan > 1.000 fps biasa digunakan pada small or medium hunting. bisa menggunakan tipe pellets semua jenis termasuk tipe pile driver yg membutuhkan tekanan angin tinggi di atas 1500psi untuk menghasilkan daya lontar peluru yg optimum.

Di Indonesia senapan angin PCP dengan pompa yang terintegrasi lebih dikenal dengan istilah senapan angin gejluk. Umumnya pengguna harus melakukan pompa 100-500 kali untuk menembakan pellet sebanyak 10 kali, tergantung dengan kekuatan per pemukul. Per pemukul pada senapan gejluk bervariasi mulai dari 5 kekuatan, semakin keras per pemukul semakin besar angin yang dikeluarkan. Yang sebanding dengan kekuatan melontarkan pellet dan borosnya angin.

### 2.2.2.3 Senapan tipe pompa

Senapan angin yang memakai pompa (pump action) untuk memampatkan udara lalu dilepas untuk melontarkan proyektil. Sedangkan untuk tipe pompa ada dua tipe cara pelepasan angin, yaitu :

- Knock open valve dan
- Dumping system

Pada sistem Knock Open Valve digunakan pemukul/hammer seperti senjata api biasa pada bagian dalam dan untuk yang eksternal digunakan pelatuk yang mirip dengan pistol colt. Untuk Dumping system menggunakan klep yg dapat terbuka penuh pada saat trigger/pelatuk terpicu. Contoh senapan angin yg menggunakan Knock open valve yaitu Benjamin Sheridan, Titan, Falcon, Kalong, Kuda (dua terakhir lokal).

Untuk Dumping system yaitu Sharp Dragon, Innova, Ace, Shapto (lokal) biasanya pada industri senapan angin diberbagai negara menyamakan peraturannya mirip dengan senjata api. Dan untuk mencegah senapan angin yang diproduksi secara rumahan/home industri diselewengkan, pemerintah beberapa negara membatasi panjang laras terpendek yaitu minimal 45 cm/18" dari ruang proyektil untuk senjata api dan 12" untuk senapan angin.

### 2.2.3 Silinder Pneumatik

Silinder pneumatik seperti pada gambar 2.2 adalah aktuator atau perangkat mekanis yang menggunakan kekuatan udara bertekanan (udara yang terkompresi) untuk menghasilkan kekuatan dalam gerakan bolak – balik piston secara linier (gerakan keluar - masuk) [5]. Silinder pneumatik merupakan alat atau perangkat yang sering kita jumpai pada mesin – mesin industri, baik itu dalam industri otomotif, industri kemasan, elektronik, dan berbagai industri maupun instansi – instansi yang lain. Silinder pneumatik biasa digunakan untuk menjepit benda, mendorong mesin pemotong, penekan mesin pengepresan,

peredam getaran, pintu penyortiran, dan lain sebagainya. Silinder pneumatik mungkin memang memiliki banyak fungsi kegunaan, akan tetapi fungsi dasar silinder tidak pernah berubah, dimana mereka berfungsi mengkonversi tekanan udara atau energi potensial udara menjadi energi gerak atau kinetik.



**Gambar 2.2** Silinder Pneumatik [10]

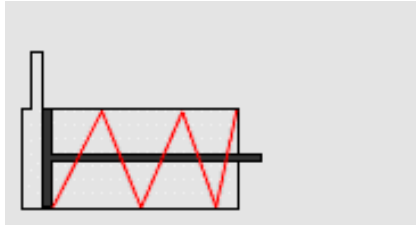
Dalam pengoperasiannya, silinder pneumatik dikontrol oleh katup atau valve pengontrol. Katup pengontrol ini berfungsi mengontrol arah udara yang akan masuk ke tabung silinder. Dengan kata lain, katup kontrol arah inilah yang mengontrol gerakan maju atau mundur (keluar atau masuk) piston. Katup kontrol arah ini biasa dikendalikan secara mekanis atau manual dengan tangan, maupun secara elektris seperti Solenoid valve.

Dua type silinder pneumatik yang paling umum atau sering digunakan di industri – industri adalah:

1. Silinder kerja tunggal (*single acting cylinder*), merupakan jenis silinder yang hanya memiliki satu port untuk masuknya udara bertekanan. Silinder ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong ataupun menekan piston dalam satu arah saja (umumnya keluar). Dan menggunakan pegas pada sisi yang lain untuk mendorong piston kembali pada posisi semula. Akan tetapi silinder ini memiliki kelemahan dimana sebagian kekuatan dari silinder hilang untuk

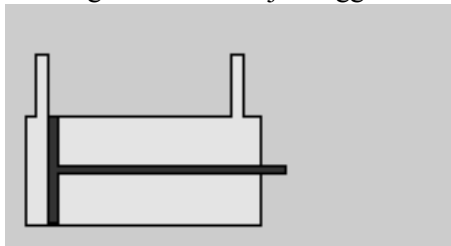


mendorong pegas. Gambar 2.3 merupakan gambar dari silinder kerja tunggal (*single acting cylinder*).



**Gambar 2.3** Silinder kerja tunggal [10]

2. Silinder kerja ganda (*double acting cylinder*) seperti pada gambar 2.4, merupakan silinder yang memiliki dua port untuk *instroke* dan *outstroke*. Silinder jenis ini menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk mendorong piston keluar dan mendorong piston untuk kembali pada posisi awal (menarik kedalam). Sehingga silinder ini membutuhkan lebih banyak udara dan katup pengontrol arah yang lebih kompleks bila dibandingkan dengan silinder kerja tunggal.



**Gambar 2.4** Silinder kerja ganda [10]

Untuk menjaga kinerja dari silinder pneumatik, maka diperlukan perawatan yang secara berkala. Dimana dalam perawatan ini yang perlu diperhatikan adalah kualitas dari udara. Kualitas udara bertekanan yang masuk ke tabung silinder harus dalam keadaan kering, bersih, dan tidak mengandung air. Sehingga perlu diperhatikan sistem penyaringan (*filter*) dan pengeringan (*dryer*) udaranya, apakah dalam keadaan baik atau

buruk. Kemudian kita juga harus perhatikan pergesekan akibat pergerakan keluar masuknya piston. Dalam sistem pneumatik biasanya juga terdapat lubrikator yang memberikan pelumasan untuk mengurangi pergesekan dalam silinder. Rusaknya seal akibat masa pemakaian yang lama (*lifetime*), aus atau berbagai penyebab yang lainnya akan menyebabkan kebocoran udara pada silinder. Periksa kebocoran udara pada silinder secara manual dengan cara melepas salah satu selang masuknya udara, lalu coba aktifkan silinder secara manual dan perhatikan apakah ada udara yang keluar dari port yang selangnya dilepas tadi. Lakukan pengecekan seperti ini pada sisi yang lainnya. Dan apabila ditemukan kebocoran maka pergantian seal harus dilakukan, karena apabila rusak seal tersebut akibat aus dan tidak diganti, maka akan menyebabkan kerusakan yang lebih parah, seperti *scratch* atau goresan – goresan pada tabung rumah silinder. Dalam pergantian seal kit akan lebih baik diganti semua, karena sulit bagi kita untuk mengetahui baik – buruknya keadaan seal tersebut, selain itu agar *lifetime* dari semua seal (*seal package*) yang ada pada silinder tersebut sama.

#### **2.2.4 Solenoid Valve**

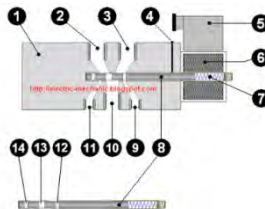
Solenoid valve pneumatik seperti pada gambar 2.5, adalah katup yang tenaga utamanya digerakkan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan plunger yang dapat digerakkan oleh arus AC maupun DC [6]. Solenoid valve pneumatic atau katup (*valve*) solenoida mempunyai lubang keluaran, lubang masukan, lubang jebakan udara (*exhaust*) dan lubang *Inlet Main*. Lubang *Inlet Main*, berfungsi sebagai terminal / tempat udara bertekanan masuk atau supply (*service unit*), lalu lubang keluaran (*Outlet Port*) dan lubang masukan (*Outlet Port*), berfungsi sebagai terminal atau tempat tekanan angin keluar yang dihubungkan ke pneumatik, sedangkan lubang jebakan udara (*exhaust*), berfungsi untuk mengeluarkan udara bertekanan yang terjebak saat plunger

bergerak atau pindah posisi ketika solenoid valve pneumatik bekerja.



**Gambar 2.5** Solenoid Valve [11]

#### 2.2.4.1 Prinsip Kerja



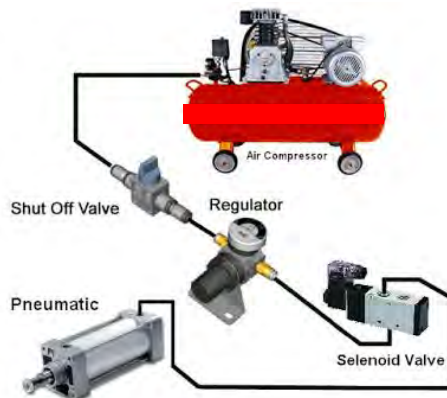
**Gambar 2.6** Struktur fungsi solenoid valve pneumatik [11]

Keterangan:

- |                                                    |                                                    |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1. Valve Body                                      | 10. Lubang Inlet Main                              |
| 2. Terminal masukan                                | 11. Lubang jebakan udara (exhaust from inlet Port) |
| 3. Terminal keluaran                               | 12. Lubang plunger untuk exhaust Outlet Port       |
| 4. Manual Plunger                                  | 13. Lubang plunger untuk Inlet Main                |
| 5. Terminal slot power supply tegangan             | 14. Lubang plunger untuk exhaust inlet Port        |
| 6. Kumparan gulungan (koil)                        |                                                    |
| 7. Spring                                          |                                                    |
| 8. Plunger                                         |                                                    |
| 9. Lubang jebakan udara (exhaust from Outlet Port) |                                                    |

Pada gambar 2.6 merupakan bagian-bagian utama dari solenoid valve. Prinsip kerja dari solenoid valve/katup (valve) solenoida yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerakannya dimana ketika koil mendapat supply tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan plunger pada bagian dalamnya ketika plunger berpindah posisi maka pada lubang keluaran dari solenoid valve pneumatic akan keluar udara bertekanan yang berasal dari supply (service unit), pada umumnya solenoid valve pneumatic ini mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC.

#### 2.2.4.2 Mekanisme Rangkaian Sistem Pneumatik



**Gambar 2.7** Mekanisme rangkaian solenoid valve [11]

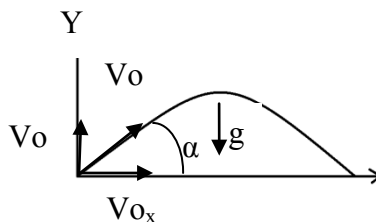
Mekanisme rangkaian sistem pneumatik seperti pada gambar 2.7 adalah dengan cara kompresor diaktifkan dengan cara menghidupkan penggerak mula umumnya motor listrik. Udara akan disedot oleh kompresor kemudian ditekan ke dalam tangki udara hingga mencapai tekanan beberapa bar. Untuk menyalurkan udara bertekanan ke seluruh sistem (sirkuit pneumatik) diperlukan unit pelayanan atau service unit yang terdiri dari penyaring

(filter), katup kran (shut off valve) dan pengatur tekanan (regulator).

Service unit ini diperlukan karena udara bertekanan yang diperlukan di dalam sirkuit pneumatik harus benar-benar bersih, tekanan operasional pada umumnya hanyalah sekitar 6 bar. Selanjutnya udara bertekanan disalurkan dengan bekerjanya solenoid valve pneumatik ketika mendapat tegangan input pada kumparan dan menarik plunger sehingga udara bertekanan keluar dari outlet port melalui selang elastis menuju katup pneumatik (katup pengarah/*inlet port pneumatic*). Udara bertekanan yang masuk akan mengisi tabung pneumatik (silinder pneumatik kerja tunggal) dan membuat piston bergerak maju dan udara bertekanan tersebut terus mendorong piston dan akan berhenti di lubang outlet port pneumatik atau batas dorong piston.

### 2.2.5 Pengaturan Tekanan Udara

Tekanan udara yang dibutuhkan sebagai tenaga utama dalam penembakan dihitung dengan menggunakan beberapa tahap. Pertama, penentuan jarak target dan besar sasaran. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan gerak parabolik yang kemudian data kecepatan awal peluru diketahui [7]. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh gaya gravitasi yang mempengaruhi gerak peluru sehingga lintasan peluru menjadi parabolik seperti pada gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Lintasan Gerakan Parabolik [7]

Persamaan rumus dalam gerak parabola yang digunakan antara lain

X

$$V_{0x} = V_x = V_0 \cos \alpha = \text{tetap} \dots (2.1)$$

$$Y = V_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2 \dots (2.2)$$

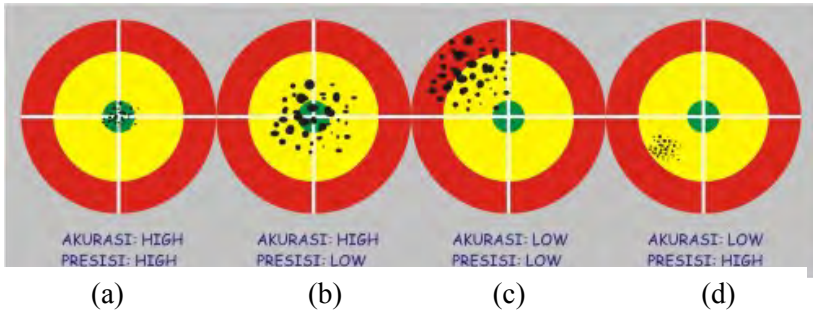
Dari persamaan tersebut, didapatkan  $V_0$  yang merupakan kecepatan awal sehingga besar gaya awal yang diperlukan agar peluru tepat mencapai sasaran dengan menggunakan persamaan.

$$V_t^2 = V_0^2 + 2as \dots (2.3)$$

$$F = m.a \dots (2.4)$$

$$P = \frac{F}{A} \dots (2.5)$$

## 2.2.6 Akurasi dan Presisi



**Gambar 2.9** (a) Presisi tinggi, akurasi tinggi, (b) Presisi rendah, akurasi tinggi, (c) Presisi rendah, akurasi rendah, (d) Presisi tinggi, akurasi rendah [9]

Pada gambar 2.9, dapat dilihat perbedaan antara akurasi dan presisi. Presisi adalah ukuran seberapa jauh suatu alat akan memberikan hasil yang konsisten. tingkat presisi diukur oleh koefisien kesalahan standar (*coefficient standard error*) [8].

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n-1}} \dots (2.6)$$

Dimana:

$s_{\bar{x}}$  = Koefisien kesalahan standar

s = Standar Deviasi data sampel

n = Ukuran sampel

semakin kecil koefisien standard error, semakin tinggi presisi dari sampel itu.

Akurasi adalah seberapa tepat alat mengukur apa yang seharusnya diukur. akurasi dihitung berdasarkan perbandingan dengan nilai lain yang dianggap benar. akurasi disebut juga RMSE (*Root Mean Square Error*). untuk koordinat, akurasi dinyatakan sebagai berikut :

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum(X_{data.i} - X_{check.i})^2}{n}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum(Y_{data.i} - Y_{check.i})^2}{n}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

Xdata.i : Koordinat sumbu X dari data ke i

Xcheck.i : Koordinat sumbu X dari data ke i yang benar

Ydata.i : Koordinat sumbu Y dari data ke i

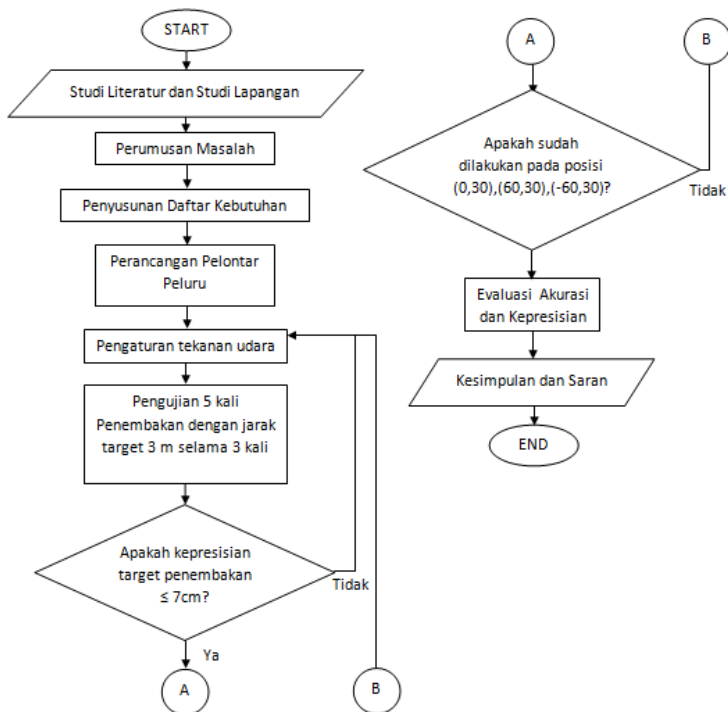
Ycheck.i : Koordinat sumbu Y dari data ke i yang benar

n : Jumlah titik

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Metodologi penelitian ini menggambarkan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian. Secara umum langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



## 3.2. Tahap Perancangan

### 3.2.1. Studi Literatur dan Studi Lapangan

Langkah pertama dalam perancangan dimulai dengan studi literatur dan berikutnya dilakukan pengumpulan data di lapangan sebagai berikut:

- Mekanisme kerja senapan semi otomatis
- Mekanisme kerja senapan airsoft gun
- Spesifikasi komponen untuk perakitan pelontar peluru
- Metode analisa akurasi dan presisi

### 3.2.2. Perumusan Masalah

Dari data yang telah didapatkan, maka perumusan masalahnya adalah:

- Bagaimanakah perancangan pelontar peluru dengan jarak 3 m dan target sebesar 7 cm?
- Bagaimanakah membangun pelontar peluru yang sudah dirancang?

### 3.2.3. Penyusunan *List of Requirements* (daftar kebutuhan)

Berikut adalah *list of requirements* yang dibutuhkan dalam proses perancangan pelontar peluru :

**Tabel 3.1** *List of Requirements*

No.	List of Requirements	Keterangan
1	Kekuatan Material	Struktur mampu menahan beban yang terjadi pada saat penembakan
2	Kemampuan Pergerakan	Mampu bergerak dengan sudut inklinasi $0^\circ$ hingga $60^\circ$ dan sudut rotasi $60^\circ$ hingga $-60^\circ$
3	Kekuatan daya Penembakan	Mampu menembak sasaran berupa bola dengan diameter 7 cm sejauh 3 m

### **3.2.4. Perancangan Pelontar Peluru**

Pada tahap ini, dilakukan perancangan sebuah pelontar peluru dari komponen yang sudah ditentukan dengan mempertimbangkan stabilitas struktur dari pelontar tersebut agar tidak menyebabkan penyimpangan pada saat penembakan.

### **3.2.5. Pengaturan Tekanan Udara**

Pada tahap ini, dilakukan pengaturan tekanan udara untuk mencari tekanan udara yang optimal sebagai pendorong peluru agar peluru yang ditembakkan tepat mengenai sasaran dengan toleransi sasaran 7 cm.

### **3.2.6. Pengujian Penembakan**

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan pada tiga posisi target yaitu koordinat  $(0,30)$ ,  $(60,30)$ ,  $(-60,30)$  dan dengan pengambilan data tiga kali pada setiap posisi target dimana dilakukan penembakan selama lima kali pada masing-masing data

### **3.2.7. Evaluasi Akurasi dan Kepresisian**

Pada tahap ini, hasil penembakan yang telah dilakukan dievaluasi akurasi dan kepresisiannya untuk menentukan seberapa besar penyimpangan hasil penembakan dan besar sebaran penembakannya sehingga dapat ditentukan layak atau tidaknya hasil pengujian sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan

### **3.2.8. Kesimpulan dan Saran**

Hasil dari rancang bangun pelontar peluru yang dilengkapi dengan kamera stereo untuk pendeteksian target secara otomatis ini akan dirangkum menjadi suatu kesimpulan. Saran juga sangat diperlukan agar kelak laporan penelitian ini bisa dikembangkan secara lebih baik lagi.

*Halaman sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PELONTAR PELURU**

#### **4.1 Rancangan Pelontar Peluru**

Rancangan pelontar peluru yang dibuat seperti pada gambar terlampir.

##### **4.1.1 Spesifikasi Peluru dan Target Penembakan**

Perencanaan konstruksi rancang bangun pelontar peluru akan bergantung pada berat pembebanan, kekuatan penembakan, dan jenis peluru yang akan digunakan.

Langkah awal dalam perhitungan konstruksi rancang bangun pelontar peluru adalah dengan menentukan jenis material dan diameter peluru serta kekuatan penembakan yang dikehendaki. Kekuatan penembakan ditentukan melalui penentuan jarak dan besar target. Berikut spesifikasi yang diperlukan:

1. Peluru

Material	: Plastik
Diameter	: 6 mm

2. Target

Jarak	: 3 m
Diameter	: 7 cm

##### **4.1.2 Perhitungan Beban Bagian Penembak**

###### **4.1.2.1 Selongsong**

Selongsong merupakan bagian utama dalam pelontar peluru yang berfungsi menciptakan aliran udara dengan kecepatan tinggi sehingga peluru dapat terdorong dengan kecepatan maksimal. Untuk menciptakan udara yang memiliki kecepatan tinggi, rongga selongsong harus dibuat dengan diameter sekecil mungkin.

Dikarenakan pada tugas akhir ini menggunakan peluru berdiameter 6 mm, maka ditetapkan diameter dalam selongsong sebesar 7 mm dengan pertimbangan memberikan *clearance* terhadap peluru sebesar 1 mm untuk memperkecil gaya gesek antara peluru dan sisi dalam selongsong. Sementara itu untuk material selongsong menggunakan aluminium dengan ketebalan 1 mm agar ringan dan kuat, sedangkan panjang selongsong ditentukan sepanjang 50 cm.

#### **4.1.2.2 Silinder Pneumatik**

Silinder pneumatik disini digunakan sebagai katup buka tutup jalur selongsong untuk mengatur masuknya peluru dari magasin ke jalur selongsong, sehingga memastikan hanya satu peluru yang terdapat pada jalur selongsong pada saat penembakan.

Tugas akhir ini menggunakan silinder pneumatik dengan ukuran diameter poros sebesar 4 mm. Hal ini dikarenakan untuk menyesuaikan diameter peluru sebesar 6 mm dan diameter lubang selongsong 7 mm. Sementara untuk panjang langkah silinder pneumatik sebesar 3 cm. Pada batang pendorong silinder pneumatik, dipasang komponen yang terbuat dari nilon untuk menutup lubang selongsong pada saat silinder pneumatik digunakan seperti pada gambar 4.1.

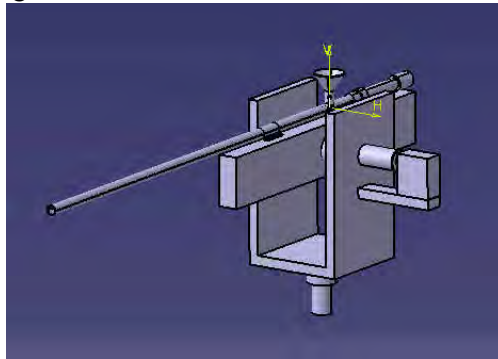


**Gambar 4.1** Silinder Pneumatik dan Nilon yang sudah terpasang pada ujung pendorong

#### **4.1.2.3 Rancangan Konstruksi Bagian Penembak**

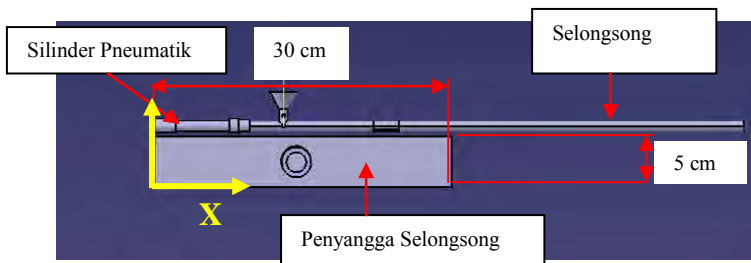
Rancangan konstruksi untuk bagian penembak pelontar peluru terdiri dari selongsong, silinder pneumatik, papan

penyangga selongsong, dan penyangga penembak yang terangkai seperti pada gambar 4.2



**Gambar 4.2** Rancang bangun bagian penembak

Langkah pertama dalam perancangan bagian penembak adalah merakit selongsong dan silinder pneumatik pada penyangga selongsong yang nantinya akan dipasang pada poros. Penyangga selongsong dirancang seperti pada gambar 4.3



**Gambar 4.3** Rangkaian Silinder pneumatik dan selongsong pada Penyangga selongsong

Penyangga selongsong berfungsi sebagai penyangga rangkaian selongsong dan silinder pneumatik sekaligus sebagai penambung dengan poros yang akan dipasang sebagai pusat

putaran inklinasi. Dalam memasang poros, diperlukan penentuan titik berat rangkaian silinder pneumatik, selongsong, dan penyangga selongsong untuk mencapai kestabilan gaya momen. Untuk menentukan titik tengah, digunakan persamaan dengan menghitung jarak sumbu x dan sumbu y serta massa tiap komponen.

$$X = \frac{\sum X_i W_i}{\sum W_i}$$

$$Y = \frac{\sum Y_i W_i}{\sum W_i}$$

Keterangan

X = Posisi titik berat benda berdasarkan sumbu X

Y = Posisi titik berat benda berdasarkan sumbu Y

W = Gaya berat benda (N)

i = 1, 2, 3, ....

Dimana

Silinder pneumatik	:	X = 75,3 mm Y = 7,5 + 50 mm = 57,5 mm m = 0,3 kg
Selongsong	:	X = 150 mm + 156 mm = 306 mm Y = 7,5 mm + 50 mm = 57,5 mm m = 0,1 kg
Balok Penyangga Selongsong	:	X = 150 mm Y = 25 mm m = 0,5 kg

Maka

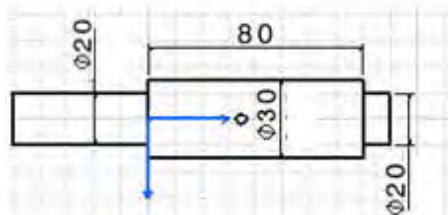
$$X = \frac{((75,3 \cdot 0,3) + (406 \cdot 0,1) + (150 \cdot 0,6)) \cdot 9,8 \cdot 10^3}{((0,3) + (0,1) + (0,6)) \cdot 9,8 \cdot 10^3}$$

$$X = 143,19 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{((57,5,0,3) + (57,5,0,1) + (25,0,6)).9,8.10^3}{((0,3) + (0,1) + (0,6)).9,8.10^3}$$

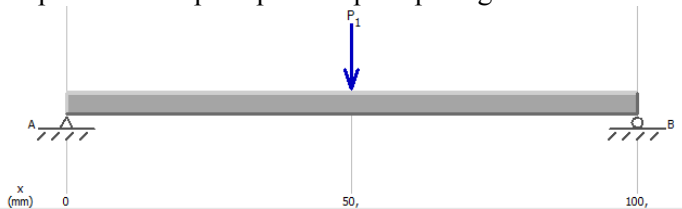
$Y = 38 \text{ mm}$

Setelah diketahui posisi poros, maka dimensi poros yang akan digunakan dapat ditentukan. Penentuan dimensi poros dilakukan dengan menyesuaikan besar diameter poros motor, sehingga dapat lebih mudah dalam proses perakitannya. Besar diameter poros ditetapkan 3 cm seperti pada gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Penampang Poros

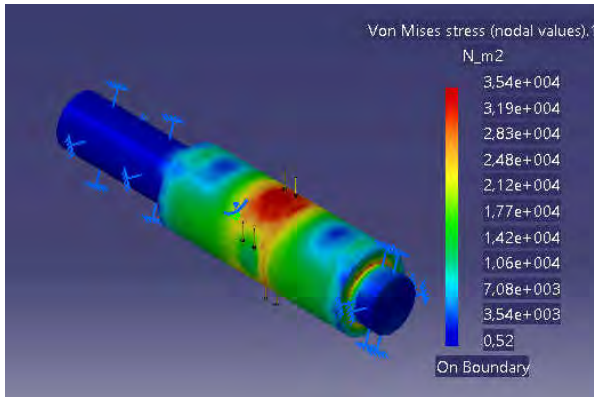
Diameter poros yang telah ditentukan, perlu dianalisa kemanannya dari distribusi gaya yang terjadi di sepanjang poros. Distribusi pembebanan pada poros seperti pada gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Distribusi gaya pada poros

Kemudian dianalisa distribusi tegangan yang terjadi di sepanjang poros untuk mengetahui tegangan maksimal yang terjadi dengan menggunakan software CATIA. Dari proses analisa tersebut, memberikan hasil seperti pada gambar 4.6





**Gambar 4.6** Distribusi Tegangan yang terjadi pada Sepanjang Poros

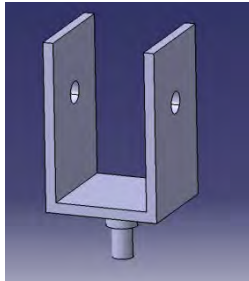
Dari hasil analisa, dapat dilihat bahwa tegangan terbesar yang terjadi pada bagian tengah poros, dengan tegangan sebesar  $3,54 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ , sementara tegangan *flex mod of elasticity* dari plastik PP adalah  $1482 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Maka

$$1482 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \geq 3,54 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

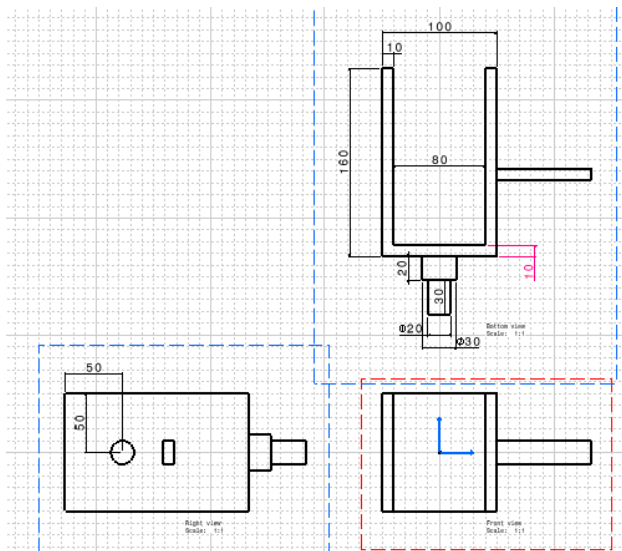
Berdasarkan perhitungan tersebut, diameter poros dinyatakan aman karena tegangan yang terjadi jauh berada di bawah batas maksimal gaya yang diijinkan

Setelah menentukan diameter poros, langkah berikutnya adalah menentukan ketebalan papan penyangga penembak minimum yang harus dipenuhi. Papan penyangga penembak yang digunakan menggunakan bahan plastik nilon PP, karena cukup kuat dan ringan, serta memiliki harga yang relatif lebih murah dibanding besi dan aluminium. Konstruksi bagian penyangga penembak seperti pada gambar 4.7



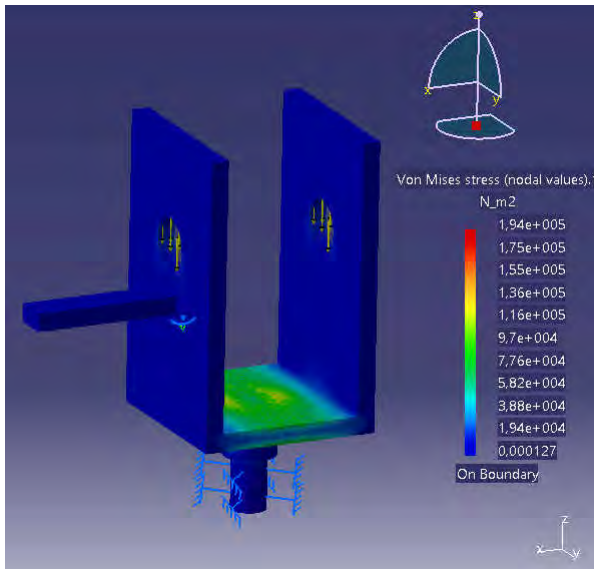
**Gambar 4.7** Penyangga Penembak

Ketebalan papan penyangga penembak ditentukan dengan menentukan panjang dan menghitung distribusi gaya yang terjadi pada penyangga penembak. Panjang penyangga penembak disesuaikan dengan panjang poros, yaitu 10 cm. Kemudian dengan menggunakan material plastik nilon PP, ditetapkan tebal papan adalah 1 cm. Dimensi papan penyangga penembak digambarkan pada gambar 4.8



**Gambar 4.8** Dimensi Papan Penyangga Penembak

Papan sepanjang 10 cm tersebut menerima beban 1 kg dari rangkaian selongsong penembak dan 0,6 kg dari kedua rangkaian papan penyangga. Untuk menentukan tegangan terbesar akibat gaya yang diterima oleh papan, maka ditentukan terlebih dahulu distribusi tegangan akibat gaya yang terjadi pada papan. Distribusi tegangan yang terjadi pada papan dianalisa menggunakan software CATIA yang memberikan hasil seperti pada gambar 4.9



**Gambar 4.9** Distribusi Tegangan yang terjadi pada Papan Penyangga Penembak

Dari data hasil pengolahan distribusi tegangan yang terjadi pada papan, dapat dilihat bahwa tegangan terbesar yang terjadi berada di tengah papan dengan besar tegangan sebesar  $1,46 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , sementara tegangan *flex mod of elasticity* dari plastik PP adalah  $1482 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Maka

$$1482 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \geq 1,46 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, tebal papan dinyatakan aman karena tegangan yang terjadi jauh berada di bawah batas maksimal gaya yang diijinkan.

## 4.2 Perhitungan Sistem Saluran Udara

### 4.2.1 Kompresor

Kompresor merupakan salah satu sistem utama dalam saluran udara yang digunakan sebagai suplai udara. Daya tekanan kompresor yang digunakan ditentukan dengan acuan jarak dan target penembakan. Dalam tugas akhir ini, jarak yang ditentukan sejauh 3 m dan diameter target ditetapkan sebesar 7 cm. Daya tekanan kompresor ditentukan dengan menggunakan persamaan gerak parabolik dan persamaan tekanan sebagai berikut.

$$V_{0x} = V_x = V_0 \cos \alpha = \text{tetap}$$

$$Y = V_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2$$

Keterangan:

$V_0$  = Kecepatan mula (m/s)

$V_x$  = Kecepatan terhadap sumbu X (m/s)

$V_y$  = Kecepatan terhadap sumbu Y (m/s)

$\alpha$  = Sudut kemiringan penembakan

$Y$  = Posisi benda terhadap sumbu Y

$g$  = Gaya gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$t$  = Waktu tempuh peluru (s)

Dimana

$\alpha$  = 0 (karena penembakan lurus)

$Y$  = -3,5 cm (Diameter target)

$g$  = 9,8  $\text{m/s}^2$

Maka

$$Y = V_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$-3,5 \text{ cm} = 0 - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{3,5 \cdot 10^{-2}}{\frac{1}{2} \cdot 9,8}}$$

$$t = 0,085 \text{ s}$$

Kemudian mencari kecepatan peluru minimal dengan persamaan

$$V = \frac{S}{t}$$

Keterangan:

V = Kecepatan (m/s)  
 S = Jarak target  
 t = Waktu tempuh peluru

Maka

$$V = \frac{3m}{0,085s}$$

$$V = 35,29 \text{ m/s}$$

Tahap berikutnya, menentukan percepatan yang diperlukan untuk mendorong peluru dengan persamaan

$$V_t^2 = V_0^2 + 2as$$

Keterangan:

$V_t$  = Kecepatan akhir (m/s)  
 $V_0$  = Kecepatan mula (m/s)  
 a = Percepatan ( $\text{m/s}^2$ )  
 s = Panjang selongsong

Dimana

$V_0 = 0$ , karena peluru mula-mula diam

Maka

$$(35,29^2) = 0 + 2 \cdot a \cdot 30 \text{ cm}$$

$$a = \sqrt{\frac{35,29^2}{2 \cdot 0,3}}$$

$$a = 2.075 \text{ m/s}^2$$

Setelah didapatkan percepatan peluru, maka dapat ditentukan gaya dorong yang diperlukan peluru dengan persamaan

$$F = m \cdot a$$

Keterangan:

F = Gaya pendorong peluru (N)

m = Massa peluru (kg)

a = Percepatan ( $\text{m/s}^2$ )

Dimana

$$m = 1 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

Maka

$$F = (1 \times 10^{-3}) \times 2.075 \text{ m/s}^2$$

$$F = 2,075 \text{ N}$$

Dari data gaya pendorong peluru, dapat ditentukan gaya tekan minimum kompresor dengan persamaan

$$P = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

F = Gaya pendorong peluru (N)

A = Luas penampang selongsong ( $\text{m}^2$ )

P = Gaya dorong kompresor

Maka

$$P = \frac{2,075 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} 7^2 \text{ mm}^2}$$

$$P = 0,054 \text{ N/mm}^2$$

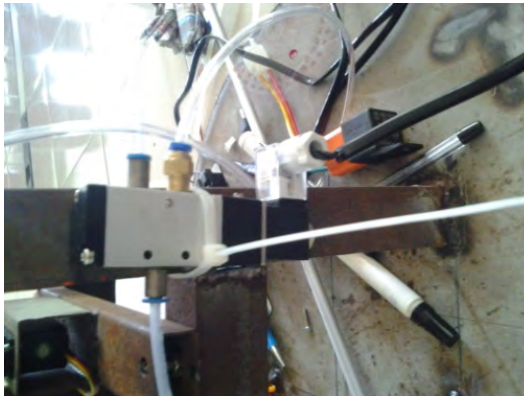
$$= 0,054 \text{ MPa}$$

$$= 0,54 \text{ bar}$$

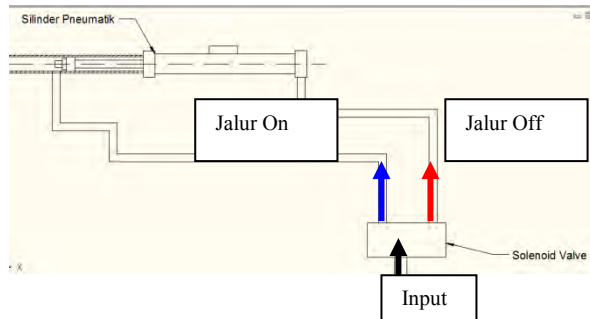
Maka daya tekanan udara kompresor minimal yang digunakan adalah 0,54 bar

#### 4.2.2 Solenoid Valve

Dalam tugas akhir ini, solenoid valve yang digunakan adalah jenis 2 way seperti pada gambar 4.10. Penggunaan jenis solenoid valve tersebut dikarenakan menyesuaikan sistem saluran yang ditetapkan dimana pada saat *on* dan *off*, memiliki jalur masing-masing. Skema jalur aliran seperti pada gambar 4.11.



**Gambar 4.10** 2 way Solenoid Valve



**Gambar 4.11** Skema Jalur Aliran Udara Solenoid Valve

Dari pembahasan di atas, maka dibuat rancangan pelontar peluru seperti gambar terlampir.

### 4.3 Pembuatan Pelontar Peluru

Dalam pembuatan pelontar peluru, diperlukan berbagai proses dalam pembentukan komponen agar sesuai dengan bentuk dan dimensi yang diinginkan.

#### 4.3.1 Proses Machining

Tahap pertama dalam pembuatan pelontar peluru adalah proses machining dimana dalam proses ini, material dipotong dengan ukuran seminimal mungkin sesuai dengan dimensi komponen. Setelah dipotong, material diproses dengan mesin bubut untuk membuat lubang tempat bearing. Setelah dimensi dan bentuk sesuai dengan desain, maka dilakukan finishing dengan menggunakan mesin frais.

#### 4.3.2 Proses Pemotongan Besi

Tahap berikutnya adalah pemotongan bagian besi penyangga. Penyangga menggunakan piringan besi berdiameter 50 cm dengan ketebalan 5 mm. Piringan besi ini berfungsi sebagai dudukan bagi kompresor dan komponen lainnya.



Kemudian untuk memasang kaki tiga sebagai penyangga menggunakan besi siku.

#### **4.4 Perakitan Pelontar Peluru**

Setelah proses pembuatan komponen, berikutnya adalah proses perakitan rancang bangun pelontar peluru. Proses perakitan dilakukan dengan menggunakan baut dan besi siku sebagai penyambung komponen yang terbuat dari plastik PP, sementara untuk komponen yang terbuat dari besi menggunakan proses pengelasan sebagai penyambung antar komponennya.

##### **4.4.1 Pengelasan Penyangga Pelontar Peluru.**

Penyangga Pelontar Peluru berfungsi sebagai penahan bagian penembak dan penyeimbang alat, sekaligus sebagai pemberat alat agar tetap terjaga stabilitasnya pada saat melakukan penembakan. Hasil pengelasan dudukan seperti pada gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Penyangga Pelontar Peluru

##### **4.4.2 Perakitan menggunakan Baut dan Besi Siku**

Penggunaan bahan plastik nilon PP sebagai material dari bagian penembak pada pelontar peluru menyebabkan perakitan tidak bisa dilakukan dengan pengelasan. Oleh karena itu,

perakitan dilakukan dengan memanfaatkan kombinasi baut dan besi siku untuk pemasangan antar papan yang sudah dibuat seperti pada gambar 4.13



**Gambar 4.13** Penggunaan besi siku dan baut dalam pemasangan papan plastik pada bagian penembak

Setelah perakitan selesai, maka bentuk alat secara keseluruhan setelah terangkai adalah seperti pada gambar 4.14



**Gambar 4.14** Pelontar Peluru yang sudah terangkai

*Halaman sengaja dikosongkan*

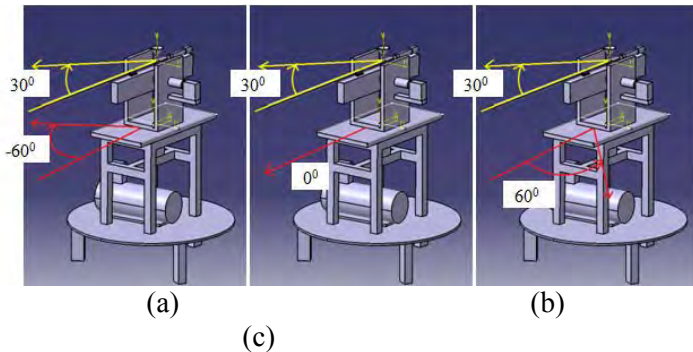
## BAB V

### PENGUJIAN PELONTAR PELURU

#### 5.1 Prosedur Pengujian

Dalam tugas akhir ini, pengujian dilakukan dengan beberapa tahap.

1. Pengujian dilakukan di 3 titik posisi penembakan, yaitu pada sudut rotasi dan inklinasi laras ( $-60^{\circ}, 30^{\circ}$ ) seperti pada gambar 5.1 (a), ( $0^{\circ}, 30^{\circ}$ ) seperti pada gambar 5.1 (b), dan ( $60^{\circ}, 30^{\circ}$ ) seperti pada gambar 5.1 (c)



**Gambar 5.1** Tiga titik posisi penembakan yang diambil dalam pengujian, (a) ( $-60^{\circ}, 30^{\circ}$ ), (b) ( $0^{\circ}, 30^{\circ}$ ), dan (c) ( $60^{\circ}, 30^{\circ}$ )

2. Penembakan dilakukan dengan jarak target 3 m dari ujung selongsong seperti pada gambar 5.2

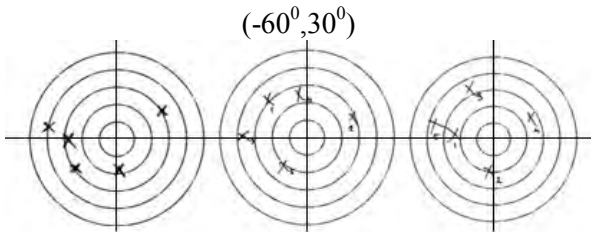


**Gambar 5.2** Posisi pelontar peluru terhadap target

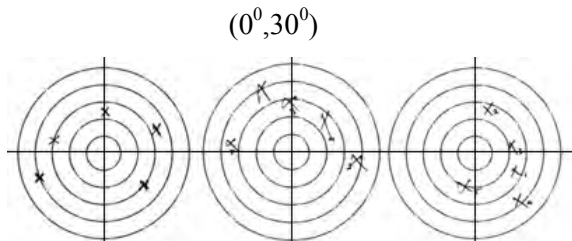
3. Setiap titik dilakukan pengambilan data selama 3 kali dimana tiap data dilakukan penembakan masing-masing 5 kali.
4. Data hasil pengujian dievaluasi akurasi dan kepresisian, kemudian diambil data rata-rata tiap posisi target sebagai dasar dalam penarikan kesimpulan.

## 5.2 Hasil Pengujian

Hasil pengujian penembakan ditampilkan dalam bentuk diagram lingkaran dengan diameter 7 cm, kemudian titik letak posisi peluru mengenai target ditandai dengan tanda silang seperti pada gambar 5.3 untuk hasil penembakan pada target  $(-60^0, 30^0)$ , gambar 5.4 untuk hasil penembakan pada target  $(0^0, 30^0)$ , dan hasil penembakan pada gambar 5.5 untuk target  $(60^0, 30^0)$ .

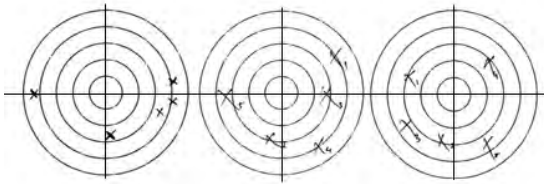


**Gambar 5.3** Hasil Pengujian Pada Target  $(-60^0, 30^0)$   
Pengambilan data ke-1 (a), ke-2 (b), ke-3 (c)



**Gambar 5.4** Hasil Pengujian Pada Target  $(0^0, 30^0)$   
Pengambilan data ke-1 (a), ke-2 (b), ke-3 (c)

$(60^0, 30^0)$



**Gambar 5.5** Hasil Pengujian Pada Target  $(60^0, 30^0)$   
Pengambilan data ke-1 (a), ke-2 (b), ke-3 (c)

### 5.3 Analisa Hasil

#### 5.3.1 Akurasi

##### 5.3.1.1 Target $(-60^0, 30^0)$

Pada Target  $(-60^0, 30^0)$ , didapatkan hasil jarak tiap titik terhadap titik pusat target sebagai berikut:

Pengambilan data ke-1	:	Titik 1 = 21 mm
		Titik 2 = 21 mm
		Titik 3 = 12 mm
		Titik 4 = 20 mm
		Titik 5 = 28 mm

Dengan menggunakan metode RMSE (*Root Mean Square Error*), maka didapatkan nilai standar error

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{21+21+12+20+28}{5}}$$

$$\text{RMSE} = 4,516$$

Kemudian untuk hasil keseluruhan dari pengambilan data pertama, kedua, dan ketiga dengan metode perhitungan yang sama, dapat dilihat pada tabel 5.1

**Tabel 5.1** Hasil Pengujian Pada Target  $(-60^0, 30^0)$ 

Target $(-60,30)$		Titik ke -					RMSEn	RMSEt
		1	2	3	4	5		
Percobaan ke-	1	21	21	12	20	28	4,516636	4,456966
	2	21	20	26	17	15	4,449719	
	3	16	14	24	18	25	4,404543	

Keterangan

- RMSEn : Standar Error Titik ke-n
- RMSEt : Standar Error Total

Maka didapatkan bahwa nilai standar error dari target  $(-60^0, 30^0)$  adalah 4,457

### 5.3.1.2 Target $(0^0, 30^0)$

Pada Target  $(0^0, 30^0)$ , dihitung dengan metode yang sama seperti pada target  $(-60^0, 30^0)$ , didapatkan hasil dari pengujian pertama, kedua, dan ketiga seperti pada tabel 5.2

**Tabel 5.2** Hasil Pengujian Pada Target  $(0^0, 30^0)$ 

Target $(0,30)$		Titik ke -					RMSEn	RMSEt
		1	2	3	4	5		
Percobaan ke-	1	24	17	22	28	21	4,732864	4,613008
	2	28	26	20	18	24	4,816638	
	3	18	19	15	26	14	4,289522	

Maka didapatkan bahwa nilai standar error pada target  $(0^0, 30^0)$  adalah 4,613

### 5.3.1.3 Target $(60^0, 30^0)$

Pada Target  $(60^0, 30^0)$ , dengan metode yang sama seperti pada target  $(-60^0, 30^0)$ , didapatkan hasil dari pengujian pertama, kedua, dan ketiga seperti pada tabel 5.3

**Tabel 5.3** Hasil Pengujian Pada Target ( $60^0, 30^0$ )

Target ( $60,30$ )		Titik ke -					RMSEn	RMSEt
		1	2	3	4	5		
Percobaan ke-	1	25	30	29	29	19	5,138093	4,888066
	2	28	20	19	28	24	4,878524	
	3	20	19	24	20	25	4,64758	

Maka didapatkan bahwa nilai standar error target ( $60^0, 30^0$ ) adalah 4,888

### 5.3.2 Evaluasi Kepresisian

#### 5.3.2.1 Evaluasi Kepresisian Target ( $-60^0, 30^0$ )

Dari hasil pengambilan data yang sudah dilakukan, kemudian nilai kepresisiannya ditentukan dengan cara plotting terhadap lingkaran yang melingkupi seleuruh target pengambilan data seperti pada gambar 5.6.

**Gambar 5.6** Metode Plotting Target ( $-60^0, 30^0$ )

Dari plotting data hasil pengujian, didapatkan nilai kepresisiannya adalah

Pengambilan data ke-1 ( $X_{11}$ ) = 46 mm

Pengambilan data ke-2 ( $X_{12}$ ) = 46 mm

Pengambilan data ke-3 ( $X_{13}$ ) = 42 mm

Setelah mendapatkan hasil dari seluruh pengambilan data pada target ( $-60^0, 30^0$ ), maka dihitung nilai rata-rata dari ketiga hasil yaitu



$$X_1 = \frac{X_{11} + X_{12} + X_{13}}{3}$$

$$X_1 = 44,67 \text{ mm}$$

Maka didapatkan bahwa nilai kepresisian pada target  $(-60^0, 30^0)$  adalah 44,67 mm

### 5.3.2.2 Evaluasi Kepresisian Target $(0^0, 30^0)$

Dari hasil pengambilan data yang sudah dilakukan, kemudian nilai kepresisiannya ditentukan dengan cara plotting terhadap lingkaran yang melingkupi seleuruh target pengambilan data seperti pada gambar 5.7



**Gambar 5.7** Metode Plotting Target pada  $(0^0, 30^0)$

Dari plotting data hasil pengujian, didapatkan nilai kepresisiannya adalah

Pengambilan data ke-1	$(X_{21})$	= 51 mm
Pengambilan data ke-2	$(X_{22})$	= 52 mm
Pengambilan data ke-3	$(X_{23})$	= 41 mm

Setelah mendapatkan hasil dari seluruh pengambilan data pada target  $(0^0, 30^0)$ , maka dihitung nilai rata-rata dari ketiga hasil yaitu

$$X_2 = \frac{X_{21} + X_{22} + X_{23}}{3}$$

$$X_2 = 48 \text{ mm}$$

Maka didapatkan bahwa nilai kepresisian pada target  $(0^0, 30^0)$  adalah 48 mm

### 5.3.2.3 Evaluasi Kepresisian Target ( $60^0, 30^0$ )

Dari hasil pengambilan data yang sudah dilakukan, kemudian dilakukan metode yang sama seperti dua target lainnya dalam menentukan kepresisiannya seperti pada gambar 5.8



**Gambar 5.8** Metode Plotting Target pada ( $60^0, 30^0$ )

Dari plotting data hasil pengujian, didapatkan nilai kepresisiannya adalah

Pengambilan data ke-1 ( $X_{31}$ ) = 60 mm

Pengambilan data ke-2 ( $X_{32}$ ) = 63 mm

Pengambilan data ke-3 ( $X_{33}$ ) = 46 mm

Setelah mendapatkan hasil dari seluruh pengambilan data pada target ( $60^0, 30^0$ ), maka dihitung nilai rata-rata dari ketiga hasil yaitu

$$X_3 = \frac{X_{31} + X_{32} + X_{33}}{3}$$

$$X_3 = 56,33 \text{ mm}$$

Maka didapatkan bahwa nilai kepresisian pada target ( $60^0, 30^0$ ) adalah 56,33 mm

### 5.4 Evaluasi Pelontar Peluru

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan dari pengujian di atas, dapat dilihat bahwa nilai kepresisian dan akurasi dari hasil

penembakan masih bervariasi. Dari data hasil pengujian akurasi, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi tertinggi didapatkan pada hasil penembakan dengan sudut rotasi dan inklinasi pelontar peluru ( $-60^0,30^0$ ) yaitu dengan standar error sebesar 4,457, sementara akurasi terendah didapatkan pada hasil penembakan dengan sudut rotasi dan inklinasi pelontar peluru ( $60^0,30^0$ ) yaitu dengan standar error sebesar 4,888. Kemudian dari data hasil kepresisian, dapat dilihat bahwa tingkat kepresisian tertinggi didapatkan pada hasil penembakan dengan sudut rotasi dan inklinasi pelontar peluru ( $-60^0,30^0$ ) yaitu sebesar 44,67, sementara kepresisian terendah didapatkan pada hasil penembakan dengan sudut rotasi dan inklinasi pelontar peluru ( $60^0,30^0$ ) yaitu sebesar 56,33 mm.

Dari hasil yang cukup bervariasi tersebut, kemungkinan faktor penyebabnya antara lain adanya kebocoran pada sistem saluran udara akibat pergerakan pelontar dan kurang sempurnanya pemasangan sistem saluran udara sehingga tekanan udara yang diberikan tidak tentu dan tidak maksimal. Faktor lain yang juga dapat berpengaruh adalah belum dilakukannya studi tentang pengaruh profil dinding dan panjang selongsong optimal yang dapat mempengaruhi arah dan gaya yang terjadi pada peluru.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari hasil perancangan dan evaluasi dalam tugas akhir ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Spesifikasi pelontar peluru

Komponen	Dimensi
Selongsong	Panjang = 50cm Diameter dalam = 9mm Ketebalan dinding = 1mm
Penyangga Laras	Panjang = 30cm Lebar = 5cm Ketebalan = 2cm
Poros	Panjang = 10 cm Diameter = 3 cm
Penyangga Penembak	Panjang = 10cm Lebar = 10cm Ketebalan = 1cm

2. Konstruksi rangka pelontar peluru dibuat dari material plastik nilon .
3. Daya kompresor minimal untuk mencapai target berdiameter 7 cm dan jarak sejauh 3 m, adalah 0,54 bar.
4. Solenoid valve yang digunakan adalah jenis 2 way..
5. Nilai standar error hasil pengujian adalah 4,457 pada target  $(-60^0, 30^0)$ , sedangkan pada target  $(0^0, 30^0)$  adalah 4,612, dan 4,888 pada target  $(60^0, 30^0)$ .
6. Nilai kepresisian yang didapatkan dari hasil pengujian adalah 44,67 mm pada target  $(-60^0, 30^0)$ , sedangkan

pada target ( $0^0, 30^0$ ) adalah 48 mm, dan 56,33 mm pada target ( $60^0, 30^0$ ).

## 6.2 Saran

1. Melakukan studi pengaruh profil dinding dan panjang selongsong terhadap gaya yang terjadi pada peluru.
2. Penyempurnaan instalasi sistem saluran udara untuk mencegah kebocoran.
3. Ruang uji penembakan sebaiknya berlatar belakang berwarna gelap, sehingga memudahkan dalam pengamatan hasil dan lintasan dari peluru yang ditembakkan.

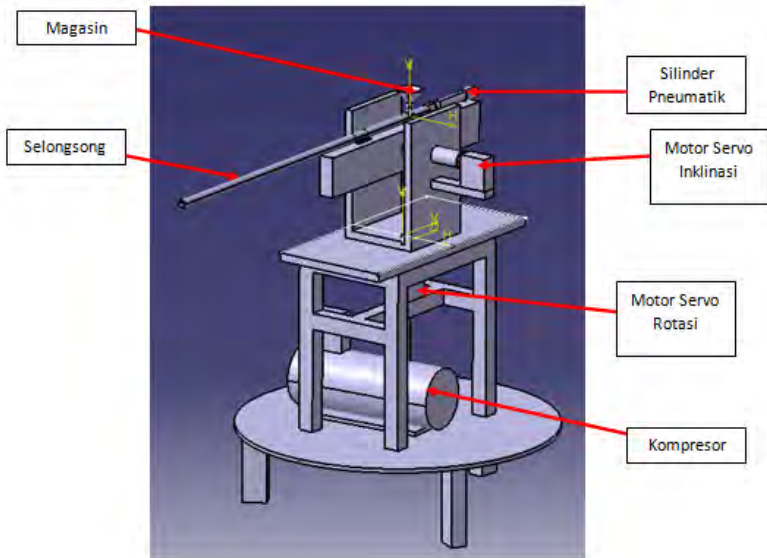
## DAFTAR PUSTAKA

- Assidqi, Nugroho Raharjo. "Sistem Pneumatik", <URL:  
<https://gohoits.wordpress.com/2012/03/17/rangkaian-pneumatik-sederhana/>>
- Croser, Peter, Frank Ebel, 2002, **Pneumatics Basic Level**, Festo Didatic GmbH & Co.
- Dong, Gangang, Gangyao Kuang, 2006, "Ground Target Recognition using Rectangle Estimation", **IEEE Trans, Vol 15**.
- Grönwall, Christina, Fredrik Gustafsson, Mille Millnert, 2015, "Target Recognition via Information Aggregation Through Dempster–Shafer's Evidence Theory", **IEEE Geoscience and Remote Sensing, Vol.12, No.6**.
- Hibbeler, R.C., 2006, **Engineering Mechanics Dynamics, 11th Edition in SI Units**, Pearson Prentice Hall
- Jati, Ardiawan, 2013. "Presisi dan Akurasi Pengambilan Data", <URL:  
<https://geojati.wordpress.com/2013/02/21/presisi-dan-akurasi-pengambilan-data/>>
- Rochim, Taufiq, 2001, **Spesifikasi, Metrologi, & Kontrol Kualitas Geometrik**, ITB, Bandung
- Sudaryono, **Rangkaian Dasar Pneumatik**, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi, Malang
- Wikipedia, <URL:[http://id.wikipedia.org/wiki/Senapan\\_semi\\_otomatis](http://id.wikipedia.org/wiki/Senapan_semi_otomatis)>
- Wikipedia, <URL:  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Senapan\\_angin](http://id.wikipedia.org/wiki/Senapan_angin)>

*Halaman sengaja dikosongkan*

## Lampiran

### Lampiran A. Gambar Rancang Bangun Pelontar Peluru





## Lampiran B. Tabel Kekuatan Mekanis Plastik

MATERIALS	TENSILE STRENGTH	FLEX MOD. OF ELASTICITY	ISO IMPACT	HEAT DEFLECT TEMP.		WATER ABSORPTION
	PSI	PSI	PSI	°F / °C		%max @ 24 Hours
	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼		▲▼
ABS	4,100	304,000	7.7	200	177	0.30
ACRYLIC (Continuously Processed)	10,000	480,000	0.4	-	195	0.20
KYDEX 150	6,100	335,000	18.0	-	173	0.05 - 0.08
HORLUB (Modified PPO)	9,600	370,000	3.5	279	254	0.07
PETG	7,700	310,000	1.7	164	157	0.20
POLYCARBONATE	9,500	345,000	12.0 - 16.0	280	270	0.15
POLYCARBONATE (20% Glass Filled)	16,000	600,000	2.0	300	295	0.16
POLYSTYRENE (High Impact)	3,500	310,000	2.0	-	185	-
POLYSULFONE	10,200	390,000	1.3	358	345	0.30
PVC (Rigid)	7,500	481,000	1.0	-	158	0.06
RADEL R6	10,100	350,000	13	-	405	0.37
ULTEM6	15,200	480,000	1.0	410	392	0.25
ULTEM6 (30% Glass Filled)	24,500	1,300,000	1.6	414	410	0.16
ACETAL (Copolymer)	9,800	370,000	1.0	316	230	0.20
ACETAL (Homopolymer)	10,000	420,000	1.5	336	257	0.25
HDPE	4,000	200,000	-	172	-	0.10
LDPE	1,400	30,000	no break	122	-	0.10
NYLON (6 Cast)	10,000 - 13,500	420,000 - 500,000	0.7 - 0.9	400-430	200-400	0.60 - 1.20
NYLON (66 Extruded)	12,400	410,000	1.2	-	194	1.20
PBT	8,690	330,000	1.5	310	130	0.08
PEEK	14,000	590,000	1.6	-	306	0.50
PET (Semi-crystalline)	11,500	400,000	0.7	240	175	0.10
PP (Homopolymer)	5,400	225,000	1.2	210	-	slight
PP (Copolymer)	3,800	215,000	12.5	190	-	slight
PPS	12,500	600,000	0.5	400	220	0.02
PTFE	1,500 - 3,000	72,000	3.5	250	-	<0.01

## **BIODATA PENULIS**



Adityo Kuncorojati dilahirkan di kota Surabaya, 31 Mei 1991. Merupakan anak kedua dari 4 bersaudara pasangan Lilih Dwi Priyanto dan Ruliasih. Penulis menyelesaikan masa studi Sekolah Dasar di SDN Rungkut Menanggal III Surabaya pada tahun 2003, dilanjutkan ke SMP Negeri 1 Surabaya lulus pada tahun 2006 dan SMA Negeri 2 Surabaya lulus pada tahun 2009.

Selepas SMA penulis melanjutkan studi di S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan kemudian mengambil bidang studi manufaktur. Selama kuliah pengurus aktif di organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS selama periode 2011/2012 dan 2012/2013. Selain organisasi di dalam kampus, penulis juga aktif di komunitas otomotif yang membawa misi sosial diluar kampus seperti CRV Club Indonesia. Penulis juga pernah menjadi Asisten Praktikum Menggambar Teknik dan Asisten Praktikum Pengukuran Teknik. Penulis tertarik pada pengembangan produk dan masuk menjadi anggota Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk

***[Halaman Sengaja dikosongkan]***

## DAFTAR GAMBAR

1.	Gambar 2.1	Senapan Semi Otomatis.....	5
2.	Gambar 2.2	Silinder Pneumatik .....	8
3.	Gambar 2.3	Silinder Kerja Tunggal .....	9
4.	Gambar 2.4	Silinder Kerja Ganda .....	9
5.	Gambar 2.5	Solenoid Valve .....	11
6.	Gambar 2.6	Struktur dan Fungsi Solenoid Valve Pneumatik .....	11
7.	Gambar 2.7	Mekanisme Rangkaian Solenoid Valve....	12
8.	Gambar 2.8	Lintasan Gerak Parabolik .....	13
9.	Gambar 2.9	(a) Presisi tinggi, akurasi tinggi (b) Presisi rendah, akurasi tinggi (c) Presisi rendah, akurasi rendah (d) Presisi tinggi, akurasi rendah .....	14
10.	Gambar 3.1	Diagram Alir Perancangan .....	16
11.	Gambar 4.1	Silinder Pneumatik dan Nilon yang sudah terpasang pada ujung pendorong .....	20
12.	Gambar 4.2	Rancang Bangun Bagian Penembak.....	20
13.	Gambar 4.3	Rangkaian Silinder Pneumatik dan Selongsong pada Tatakan Selongsong .....	21
14.	Gambar 4.4	Penampang Poros .....	22
15.	Gambar 4.5	Distribusi Gaya pada Poros .....	23
16.	Gambar 4.6	Distribusi Tegangan yang terjadi Pada Poros.....	23
17.	Gambar 4.7	Penyangga.....	24
18.	Gambar 4.8	Dimensi Papan Penyangga .....	24
19.	Gambar 4.9	Distribusi Tegangan yang terjadi pada Papan Penyangga.....	25
20.	Gambar 4.10	2 Way Solenoid Valve .....	29
21.	Gambar 4.11	Skema Jalur Aliran Udara Solenoid Valve	29
22.	Gambar 4.12	Penyangga Pelontar Peluru .....	30
23.	Gambar 4.13	Penggunaan Besi Siku dan Baut dalam Pemasangan Papan Plastik pada Bagian Penembak .....	31

24.	Gambar 4.14	Pelontar Peluru yang Sudah Terangkai.....	31
25.	Gambar 5.1	Tiga Titik Posisi Penembakan yang diambil dalam Pengujian .....	32
26.	Gambar 5.2	Posisi Pelontar Peluru terhadap Target.....	32
27.	Gambar 5.3	Hasil Pengujian Pada Target ( $-60^0,30^0$ ) Pengambilan data ke- (a) 1, (b) 2, (c) 3 .....	33
28.	Gambar 5.4	Hasil Pengujian Pada Target ( $0^0,30^0$ ) Pengambilan data ke- (a) 1, (b) 2, (c) 3 .....	33
29.	Gambar 5.5	Hasil Pengujian Pada Target ( $60^0,30^0$ ) Pengambilan data ke- (a) 1, (b) 2, (c) 3 .....	34
30.	Gambar 5.6	Metode Plotting Target pada ( $-60^0,30^0$ ).....	36
31.	Gambar 5.7	Metode Plotting Target pada ( $0^0,30^0$ ) .....	37
32.	Gambar 5.8	Metode Plotting Target pada ( $60^0,30^0$ ) .....	37

# Rancang Bangun Pelontar Peluru Yang Dilengkapi Dengan Kamera Stereo Untuk Pendeteksian Target Secara Otomatis

Adityo Kuncorojati dan Arif Wahjudi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: arif\_w@me.its.ac.id

**Abstrak**—Kebutuhan sistem pertahanan di masa kini menjadi wajib bagi seluruh negara untuk menjaga kedaulatan negaranya. Hal ini dikarenakan adanya kemungkinan ancaman dari pihak luar yang dapat mengancam stabilitas kedaulatan negara. Seiring dengan berkembangnya zaman, teknologi persenjataan pun terus berkembang mengikuti kebutuhan yang terus meningkat. Fenomena tersebut secara langsung menuntut badan pertahanan di setiap negara untuk selalu melakukan inovasi dalam menciptakan suatu teknologi yang lebih aman, lebih mudah, serta memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi. Pengembangan persenjataan pun terus dilakukan mulai dari senjata manual jarak pendek dan jarak panjang, senjata semi otomatis dengan kecepatan penembakan yang lebih tinggi, hingga senjata otomatis dengan kecepatan penembakan sangat tinggi. Melihat perkembangan yang sangat pesat itulah, maka diperlukan adanya sistem persenjataan yang bukan hanya dapat menembak dengan cepat, tetapi juga dapat mengenali target secara otomatis sehingga memiliki kecepatan dan akurasi yang cukup tinggi. Dalam penelitian ini, sebuah model pelontar peluru yang dilengkapi dengan pengenalan objek secara otomatis akan dibuat. Model ini digerakkan secara otomatis melalui komputer, baik pergerakan arah laras maupun penembakannya sesuai dengan posisi benda target. Target yang ditentukan adalah pada posisi sudut inklinasi dan sudut rotasi laras sebesar  $(60^{\circ}, 30^{\circ})$ ,  $(0^{\circ}, 30^{\circ})$ , dan  $(-60^{\circ}, 30^{\circ})$ . Pada masing-masing titik diambil 3 data dimana setiap data penelitian dilakukan sebanyak 5 kali penembakan. Kemudian nilai akurasi dan kepresisian masing-masing target diteliti dengan menghitung nilai rata-rata penelitian penembakan. Dari perancangan yang telah dilakukan, ditentukan bahwa material yang digunakan adalah plastik PP dengan diameter poros 30 mm, dan ketebalan papan penyangga sebesar 10mm. Sementara untuk sistem saluran udara, tekanan udara minimal yang digunakan adalah 0,54 bar. Kemudian dari data hasil akurasi, nilai standar error dari yang didapatkan dari hasil penelitian adalah 4,457 pada target  $(-60^{\circ}, 30^{\circ})$ , 4,612 pada target  $(0^{\circ}, 30^{\circ})$ , dan 4,888 pada target  $(60^{\circ}, 30^{\circ})$ . Sementara dari data hasil kepresisian, nilai kepresisian yang didapatkan dari hasil penelitian adalah 44,67 mm pada target  $(-60^{\circ}, 30^{\circ})$ , 48 mm pada target  $(0^{\circ}, 30^{\circ})$ , dan 56,33 mm pada target  $(60^{\circ}, 30^{\circ})$ .

**Kata Kunci**—Akurasi, Otomatis, Pelontar Peluru, Presisi

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan sistem pertahanan di masa kini menjadi wajib bagi seluruh negara untuk menjaga kedaulatan negaranya. Hal ini dikarenakan adanya kemungkinan ancaman dari pihak luar yang dapat mengancam stabilitas kedaulatan negara. Seiring dengan berkembangnya zaman, teknologi persenjataan pun terus berkembang mengikuti kebutuhan yang

terus meningkat. Fenomena tersebut secara langsung menuntut badan pertahanan di setiap negara untuk selalu melakukan inovasi dalam menciptakan suatu teknologi yang lebih aman, lebih mudah, serta memiliki tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi. Pengembangan persenjataan pun terus dilakukan mulai senjata manual jarak pendek dan jarak panjang, senjata semi otomatis dengan kecepatan penembakan yang lebih tinggi, hingga senjata otomatis dengan kecepatan penembakan sangat tinggi. Salah satu sisi pengembangan persenjataan adalah peningkatan kecepatan dan kemudahan dalam penembakan. Namun kecepatan yang tinggi juga harus diimbangi dengan kecepatan pembidikan yang tinggi tetapi tetap mengutamakan akurasi. Kebutuhan pembidikan yang cepat hanya dapat dicapai dengan pembuatan sistem pergerakan laras secara otomatis yang diatur menggunakan program software. Saat ini senjata dengan sistem pengenalan target sedang dikembangkan, dengan harapan senapan dapat langsung membidik target dengan cepat dan tepat secara otomatis. Penelitian yang dilakukan oleh Ganggang Dong dan Gangyao Kuang adalah dengan menciptakan suatu model pengenalan target dengan metode pengumpulan informasi melalui teori pembuktian Dempster-Shafer [1]. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Christina Grönwall, Fredrik Gustafsson, dan Mille Millnert adalah pengenalan target dengan metode *Rectangle Estimation* yaitu dengan memanfaatkan sinar laser [2]. Dari kedua penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa kebutuhan untuk pengembangan inovasi persenjataan dalam hal pengenalan target sangat penting. Oleh karena itu kita sebagai warga negara Indonesia, dimana negara kita adalah negara kepulauan yang memiliki wilayah yang cukup luas, harus berperan aktif dalam pengembangan persenjataan yang bersifat modern dan mampu mengenali target secara otomatis untuk mendukung sistem pertahanan yang dibutuhkan oleh negara kita. Maka dari itu, diperlukan perancangan sebuah sistem pelontar peluru yang dilengkapi kamera stereo kemudian diuji tingkat kepresisian tembakannya dengan melakukan sebuah pemodelan uji penembakan dengan jarak penembakan sejauh 3 m dan target sebesar 7 cm, sebagai langkah awal penelitian pendeteksian target secara otomatis.

## II. URAIAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini, beberapa tahapan dilakukan untuk mencapai optimalisasi hasil rancangan. Tahap perancangan yang dilakukan sesuai dengan diagram alir pada gambar 1.

penentuan desain awal, analisa konstruksi, dan analisa sistem saluran udara bertekanan untuk penembakan.

#### A. Penyusunan List of Requirements

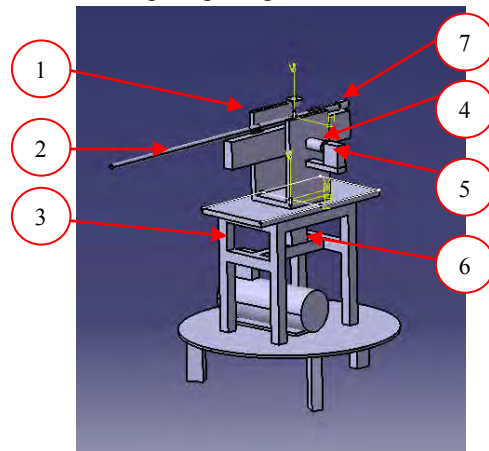
Untuk perancangan pelontar peluru berdasarkan kemampuan alat yang ingin dicapai, maka diperlukan *list of requirements* sebagai acuan standar dari hasil yang ingin dicapai. *List of requirements* disusun dalam sebuah tabel dan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *List of Requirements* Pelontar Peluru

No.	List of Requirements	Keterangan
1	Kekuatan Material	Struktur mampu menahan beban yang terjadi pada saat penembakan
2	Kemampuan Pergerakan	Mampu bergerak dengan sudut inklinasi $0^\circ$ hingga $60^\circ$ dan sudut rotasi $60^\circ$ hingga $-60^\circ$
3	Kekuatan daya Penembakan	Mampu menembak sasaran berupa bola dengan diameter 7 cm sejauh 3 m

#### B. Penentuan Desain Awal

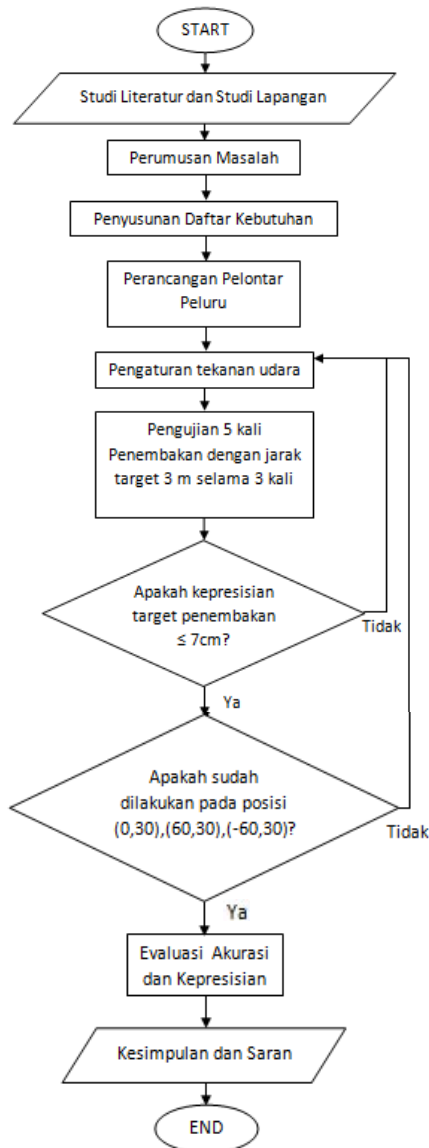
Desain awal dari pelontar peluru ditentukan berdasarkan studi literatur dan studi lapangan dari beberapa peralatan yang sudah ada. Desain awal yang ditentukan seperti pada gambar 2.



Gambar. 2. Rancang Bangun Pelontar Peluru

Keterangan:

1. Dudukan
2. Selongsong
3. Penyangga
4. Poros
5. Motor Servo Inklinasi
6. Motor Servo Rotasi
7. Silinder Pneumatik



Gambar. 1. Diagram Alir Perancangan

Tahap pertama yang dilakukan adalah studi literatur dan lapangan yang dilanjutkan dengan tahap perancangan. Tahap studi literatur dan studi lapangan meliputi pengamatan dan analisa dari model pelontar peluru yang sudah ada. Tahap perancangan meliputi analisa kekuatan material dan penentuan dimensi pelontar peluru dengan bantuan software CATIA. Kemudian tahap pengujian merupakan tahap melakukan percobaan kemampuan pelontar peluru agar dapat mencapai target berdiameter 7 cm dan berjarak 3 m. Tahap terakhir adalah tahap penelitian pelontar peluru dimana dihitung akurasi dan kepresisiannya dengan acuan target yang telah ditentukan.

### III. PERANCANGAN PELONTAR PELURU

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam perancangan pelontar peluru adalah penyusunan *list of requirement*,

#### IV. ANALISA KONSTRUKSI

##### A. Analisa Poros

Poros merupakan komponen sebagai sumbu putar dan menahan beban dalam rangkaian penembak pelontar peluru. Poros akan dipasang pada tatakan selongsong yang menyangga silinder pneumatik dan selongsong. Penentuan posisi poros pada selongsong ditentukan dengan persamaan (1) dan (2). [5]

$$X = \frac{\sum X_i W_i}{\sum W_i} \quad (1)$$

$$Y = \frac{\sum Y_i W_i}{\sum W_i} \quad (2)$$

Dimana

Silinder pneumatik :  $X = 75,3 \text{ mm}$   
 $Y = 7,5 + 50 \text{ mm} = 57,5 \text{ mm}$   
 $m = 0,3 \text{ kg}$

Selongsong :  $X = 150 \text{ mm} + 156 \text{ mm}$   
 $= 306 \text{ mm}$   
 $Y = 7,5 \text{ mm} + 50 \text{ mm}$   
 $= 57,5 \text{ mm}$   
 $m = 0,1 \text{ kg}$

Balok Penyangga Selongsong :  $X = 150 \text{ mm}$   
 $Y = 25 \text{ mm}$   
 $m = 0,5 \text{ kg}$

Maka

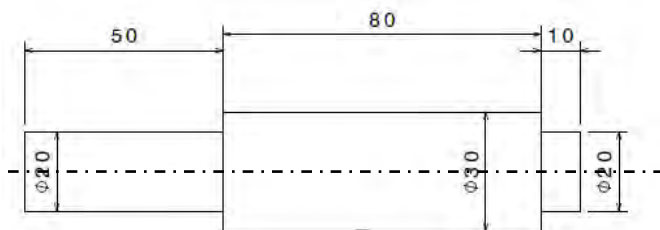
$$X = \frac{((75,3 \cdot 0,3) + (306 \cdot 0,1) + (150 \cdot 0,5)) \cdot 9,8 \cdot 10^3}{((0,3) + (0,1) + (0,5)) \cdot 9,8 \cdot 10^3}$$

$$X = 143,19 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{((57,5 \cdot 0,3) + (57,5 \cdot 0,1) + (25 \cdot 0,5)) \cdot 9,8 \cdot 10^3}{((0,3) + (0,1) + (0,5)) \cdot 9,8 \cdot 10^3}$$

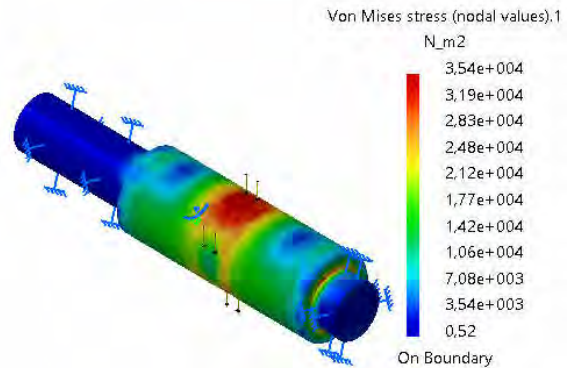
$$Y = 38 \text{ mm}$$

Setelah diketahui posisi poros, maka dimensi poros yang akan digunakan dapat ditentukan. Penentuan dimensi poros dilakukan dengan menyesuaikan besar diameter poros motor, sehingga dapat lebih mudah dalam proses perakitannya. Besar diameter poros ditetapkan 3 cm seperti pada gambar 3.



Gambar. 3. Dimensi Poros

Kemudian poros ditentukan dianalisa distribusi tegangannya untuk menentukan kemanannya berdasarkan perbandingan dengan tegangan ijin maksimal dari material dengan software CATIA seperti pada gambar 4.



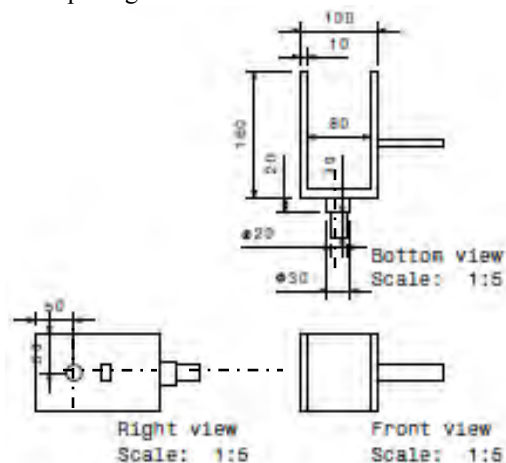
Gambar. 4. Analisa Tegangan pada Poros

Dengan pertimbangan berat yang ringan dan harga yang murah, maka dipilih material nilon PP dengan tegangan ijin maksimal  $1482 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Maka dapat dinyatakan poros aman karena

$$1482 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \geq 3,54 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

##### B. Analisa Papan Penyangga

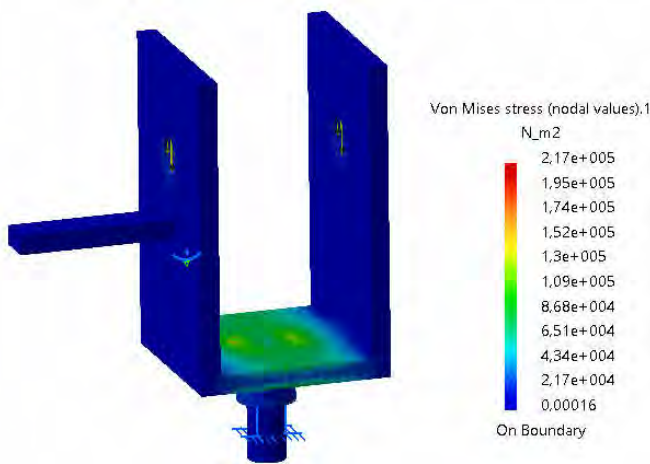
Papan penyangga adalah komponen yang digunakan sebagai penyangga dari poros dan seluruh komponen bergerak. Ketebalan papan penyangga ditentukan dengan menentukan panjang penyangga dan menghitung distribusi gaya yang terjadi pada penyangga. Panjang penyangga disesuaikan dengan panjang poros, yaitu 10 cm. Kemudian dengan menggunakan material plastik nilon PP, ditetapkan tebal papan adalah 1 cm. Dimensi papan penyangga digambarkan pada gambar 5.



Gambar. 5. Dimensi Penyangga

Papan sepanjang 10 cm tersebut menerima beban 1 kg dari rangkaian selongsong penembak dan 0,6 kg dari kedua rangkaian papan penyangga. Untuk menentukan tegangan terbesar akibat gaya yang diterima oleh papan, maka ditentukan terlebih dahulu distribusi tegangan akibat gaya yang terjadi pada papan. Distribusi tegangan yang terjadi pada papan dianalisa menggunakan software CATIA yang memberikan hasil seperti pada gambar 6





Gambar. 6. Analisa Tegangan pada Penyangga

Dari data hasil pengolahan distribusi tegangan yang terjadi pada papan, dapat dilihat bahwa tegangan terbesar yang terjadi berada di tengah papan dengan besar tegangan sebesar  $1,46 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , sementara tegangan *flex mod of elasticity* dari plastik PP adalah  $1482 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Maka

$$1482 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \geq 1,46 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, tebal papan dinyatakan aman karena tegangan yang terjadi jauh berada di bawah batas maksimal gaya yang diijinkan.

## V. ANALISA SISTEM UDARA

### A. Kompresor

Kompresor merupakan salah satu sistem utama dalam saluran udara yang digunakan sebagai suplai udara. Daya tekanan kompresor yang digunakan ditentukan dengan acuan jarak dan target penembakan. Dalam tugas akhir ini, jarak yang ditentukan sejauh 3 m dan diameter target ditetapkan sebesar 7 cm. Daya tekanan kompresor ditentukan dengan menggunakan persamaan gerak parabolik dan persamaan tekanan sebagai berikut (3), (4).[5]

$$V_{0x} = V_x = V_0 \cos \alpha = \text{tetap} \quad (3)$$

$$Y = V_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (4)$$

Dimana

$\alpha = 0$  (karena penembakan lurus)

$Y = -3,5 \text{ cm}$  (Jarak terluar target dari titik pusat yang ditetapkan)

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Maka

$$\begin{aligned} Y &= V_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2 \\ -3,5 \text{ cm} &= 0 - \frac{1}{2} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot t^2 \\ t &= \sqrt{\frac{3,5 \cdot 10^{-2}}{\frac{1}{2} \cdot 9,8}} \\ t &= 0,085 \text{ s} \end{aligned}$$

Kemudian mencari kecepatan peluru minimal dengan persamaan (5). [5]

$$V = \frac{s}{t} \quad (5)$$

Maka

$$V = \frac{3m}{0,085s}$$

$$V = 35,29 \text{ m/s}$$

Tahap berikutnya, menentukan percepatan yang diperlukan untuk mendorong peluru dengan persamaan (6).[5]

$$V_t^2 = V_0^2 + 2as \quad (6)$$

Dimana

$V_0 = 0$ , karena peluru mula-mula diam

Maka

$$(35,29^2) = 0 + 2 \cdot a \cdot 30 \text{ cm}$$

$$a = \sqrt{\frac{35,29^2}{2 \cdot 0,3}}$$

$$a = 2.075 \text{ m/s}^2$$

Setelah didapatkan percepatan peluru, maka dapat ditentukan gaya dorong yang diperlukan peluru dengan persamaan (7).[5]

$$F = m \cdot a \quad (7)$$

Dimana

$m = 1 \times 10^{-3} \text{ kg}$

Maka

$$\begin{aligned} F &= (1 \times 10^{-3}) \times 2.075 \text{ m/s}^2 \\ F &= 2,075 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari data gaya pendorong peluru, dapat ditentukan gaya tekan minimum kompresor dengan persamaan (8).[5]

$$P = \frac{F}{A} \quad (8)$$

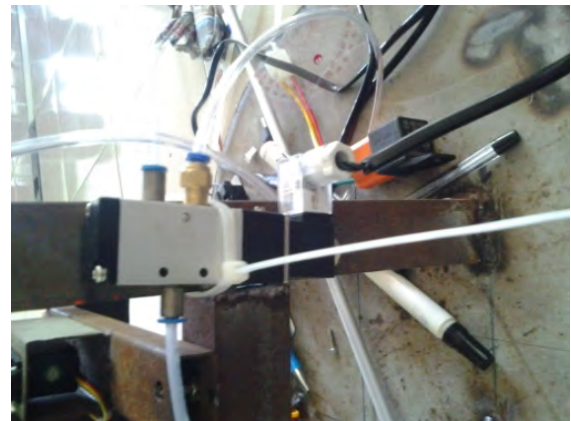
Maka

$$\begin{aligned} P &= \frac{2,075 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} 7^2 \text{ mm}^2} \\ P &= 0,054 \text{ N/mm}^2 \\ &= 0,054 \text{ MPa} \\ &= 0,54 \text{ bar} \end{aligned}$$

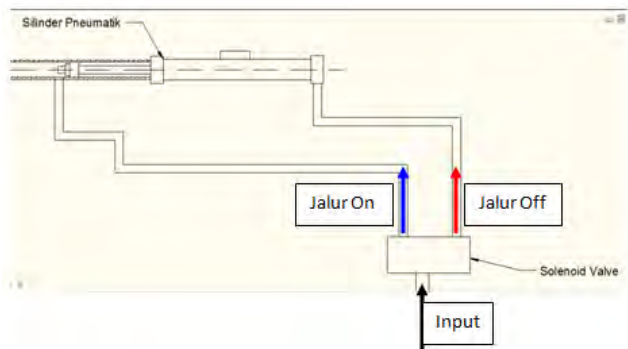
Maka daya tekanan udara kompresor minimal yang digunakan adalah 0,54 bar

### B. Solenoid Valve

Dalam penelitian ini, solenoid valve yang digunakan adalah jenis 2 way seperti pada gambar 7. Penggunaan jenis solenoid valve tersebut dikarenakan menyesuaikan sistem saluran yang ditetapkan dimana pada saat *on* dan *off*, memiliki jalur masing-masing. Skema jalur aliran seperti pada gambar 8.



Gambar 7. Solenoid Valve



Gambar 8. Skema Jalur Aliran Udara Solenoid Valve

### C. Pembuatan Pelontar Peluru

Pembuatan pelontar peluru dilakukan dalam beberapa tahap. Tahapan tersebut antara lain

1. Pembuatan Komponen
  - a. Proses machining
  - b. Proses pemotongan besi
2. Perakitan
  - a. Proses pengelasan
  - b. Proses perakitan total dengan baut dan besi siku

Pelontar Peluru yang telah terangkai seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Pelontar Peluru yang sudah terangkai

## VI. PENGUJIAN PELONTAR PELURU

### A. Prosedur Penelitian

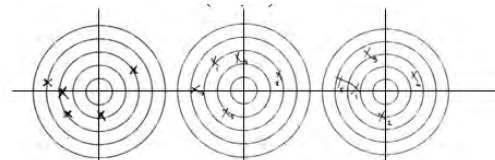
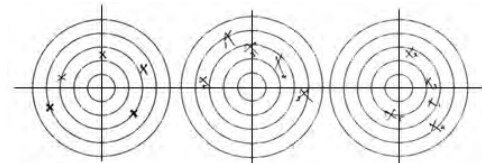
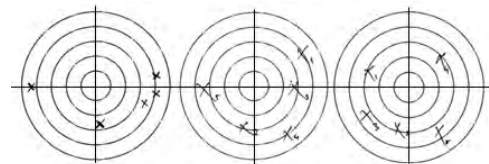
Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap, antara lain

1. Pengujian dilakukan di 3 titik posisi penembakan, yaitu pada sudut rotasi dan inklinasi laras  $(-60^{\circ}, 30^{\circ})$ ,  $(0^{\circ}, 30^{\circ})$ , dan  $(60^{\circ}, 30^{\circ})$
2. Penembakan dilakukan dengan jarak target 3 m dari ujung selongsong
3. Setiap titik dilakukan pengambilan data selama 3 kali dimana tiap data dilakukan penembakan masing-masing 5 kali.

4. Data hasil pengujian dievaluasi akurasi dan kepresisian, kemudian diambil data rata-rata tiap posisi target sebagai dasar dalam penarikan kesimpulan.

### B. Evaluasi Hasil

Hasil pengujian penembakan ditampilkan dalam bentuk diagram lingkaran dengan diameter 7 cm, kemudian titik letak posisi peluru mengenai target ditandai dengan tanda silang seperti pada gambar 5.3 untuk hasil penembakan pada target  $(-60^{\circ}, 30^{\circ})$ , gambar 5.4 untuk hasil penembakan pada target  $(0^{\circ}, 30^{\circ})$ , dan hasil penembakan pada gambar 5.5 untuk target  $(60^{\circ}, 30^{\circ})$ .

Gambar 10. Hasil Pengujian Pada Target  $(-60^{\circ}, 30^{\circ})$   
Pengambilan data ke-1 (a), ke-2 (b), ke-3 (c)Gambar 11. Hasil Pengujian Pada Target  $(0^{\circ}, 30^{\circ})$   
Pengambilan data ke-1 (a), ke-2 (b), ke-3 (c)Gambar 12. Hasil Pengujian Pada Target  $(60^{\circ}, 30^{\circ})$   
Pengambilan data ke-1 (a), ke-2 (b), ke-3 (c)

### C. Analisa Hasil

Setelah pengujian, hasil pengujian tersebut diteliti akurasi dan kepresisiannya

Untuk akurasi, ditentukan dengan menggunakan standar error dimana semakin kecil nilai standar error, semakin tinggi akurasi. Perhitungan standar error menggunakan persamaan *Root Mean Square (RMSE)* yaitu (9). [6]

$$RMSE = \sqrt{\frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}}$$

Kemudian hasil perhitungan standar error pada tabel 2, 3, dan 4.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pada Target  $(-60^{\circ}, 30^{\circ})$ 

Target $(-60,30)$	Titik ke -					RMSEn	RMSEt
	1	2	3	4	5		
Percobaan ke-	1	21	21	12	20	28	4,516636
	2	21	20	26	17	15	4,449719
	3	16	14	24	18	25	4,404543

Tabel 3. Hasil Pengujian Pada Target ( $0^0, 30^0$ )

Target (0,30)		Titik ke -					RMSEn	RMSEt
		1	2	3	4	5		
Percobaan ke-	1	24	17	22	28	21	4,732864	4,613008
	2	28	26	20	18	24	4,816638	
	3	18	19	15	26	14	4,289522	

Tabel 4. Hasil Pengujian Pada Target ( $60^0, 30^0$ )

Target (60,30)		Titik ke -					RMSEn	RMSEt
		1	2	3	4	5		
Percobaan ke-	1	25	30	29	29	19	5,138093	4,888066
	2	28	20	19	28	24	4,878524	
	3	20	19	24	20	25	4,64758	

Keterangan

- RMSEn : Standar Error Titik ke-n
- RMSEt : Standar Error Total

Sementara untuk kepresisian, dilakukan dengan metode plotting diameter lingkaran terkecil yang melingkupi seluruh target hasil pengujian. Hasil plotting nilai kepresisian seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Plotting Kepresisian

		Target		
		(-60,30)	(0,30)	(60,30)
Percobaan ke-	1	46	52	60
	2	46	51	63
	3	42	41	46
Kepresisian		44,66667	48	56,33333

## VII. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Desain pelontar peluru menggunakan material plastik nilon PP karena lebih ringan dibandingkan dengan besi, tetapi tetap kuat, dan memiliki harga yang relatif lebih murah.
2. Pada bagian tatakan selongsong, poros dipasang pada jarak 143,19 mm terhadap sumbu X dan 38 mm terhadap sumbu Y agar tepat pada titik berat benda, sehingga torsi motor yang diperlukan menjadi ringan.
3. Poros:
  - Diameter = 30 mm
  - Panjang = 100 mm
4. Berdasarkan dimensi bearing dan mur baut serta standar keamanan, ketebalan papan penyangga ditetapkan sebesar 10 mm.
5. Daya kompresor minimal untuk mencapai kualifikasi yang diinginkan dengan target berdiameter 7 cm dan jarak sejauh 3 m, adalah 0,54 bar.
6. Solenoid valve yang digunakan adalah jenis 2 way agar sesuai dengan rancangan mekanisme pelontar peluru.
7. Nilai standar error dari yang didapatkan dari hasil pengujian adalah 4,457 pada target ( $-60^0, 30^0$ ), 4,612 pada target ( $0^0, 30^0$ ), dan 4,888 pada target ( $60^0, 30^0$ )

8. Nilai kepresisian yang didapatkan dari hasil pengujian adalah 44,67 mm pada target ( $-60^0, 30^0$ ), 48 mm pada target ( $0^0, 30^0$ ), dan 56,33 mm pada target ( $60^0, 30^0$ ).

Saran untuk pengembangan penelitian ini adalah

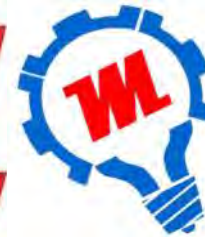
1. Melakukan studi pengaruh profil dinding dan panjang selongsong terhadap gaya yang terjadi pada peluru.
2. Penyempurnaan instalasi sistem saluran udara untuk mencegah kebocoran.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah banyak membantu atas selesainya artikel ini, terutama kepada Bapak Arif Wahjudi, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing dan Bapak Ari Kuriniawan Saputra, ST., MT. selaku dosen penguji serta seluruh civitas akademika jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dong, Ganggang, Gangyao Kuang, 2006, "Ground Target Recognition using Rectangle Estimation", IEEE Trans, Vol 15.
- [2] Grönwall, Christina, Fredrik Gustafsson, Mille Millnert, 2015, "Target Recognition via Information Aggregation Through Dempster-Shafer's Evidence Theory", IEEE Geoscience and Remote Sensing, Vol.12, No.6.
- [3] Croser, Peter, Frank Ebel, 2002, "Pneumatics Basic Level", Festo Didatic GmbH & Co.
- [4] Sudaryono, "Rangkaian Dasar Pneumatik", Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi, Malang
- [5] Hibbeler, R.C., 2006, "Engineering Mechanics Dynamics, 11th Edition in SI Units", Pearson Prentice Hall
- [6] Rochim, Taufiq, 2001, "Spesifikasi, Metrologi, & Kontrol Kualitas Geometrik", ITB, Bandung



**LAB**

**ERANCANGAN  
ENGEMBANGAN  
RODUK**

TEKNIK MESIN - INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

# RANCANG BANGUN PELONTAR PELURU YANG DILENGKAPI DENGAN KAMERA STEREO UNTUK PENDETEKSIAN TARGET SECARA OTOMATIS

**Adityo Kuncorojati**  
**2109100029**

**Dosen Pembimbing**  
**Arif Wahyudi, ST., MT., Ph.D**

**Sidang Tugas Akhir**  
**Jumat, 10 Juli 2015**  
**D201**



# Latar Belakang

## Perkembangan Persenjataan



# Rumusan Masalah

- Bagaimanakah perancangan pelontar peluru dengan jarak 3 m dan diameter target 7 cm?
- Bagaimanakah membangun pelontar peluru yang sudah dirancang?

## Tujuan Penelitian

- Perancangan pelontar peluru dengan jarak 3 m dan diameter target 7 cm.
- Membangun pelontar peluru yang sudah dirancang.

# Batasan Masalah

- Peluru menggunakan peluru plastik dengan diameter 6 mm.
- Pelontar menggunakan udara.
- Sistem pengendali tidak dibahas.
- Sistem pendeteksian target tidak dibahas.

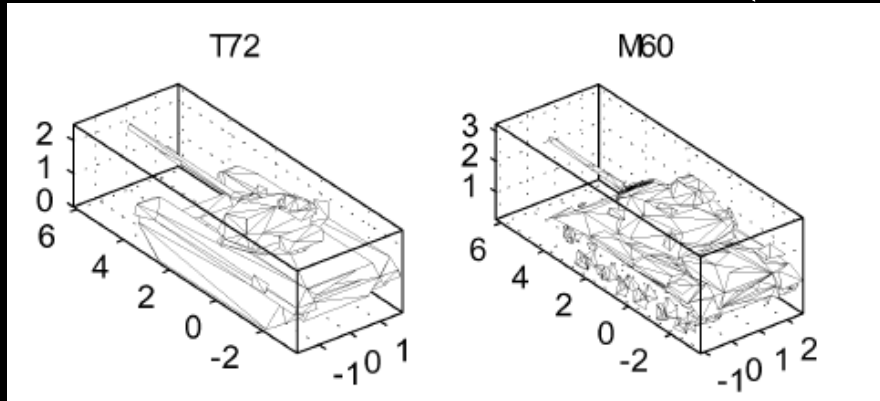
# Manfaat Penelitian

- **Memperkaya dan memperdalam wacana dalam bidang ilmu manufaktur khususnya mengenai perancangan pelontar peluru.**
- **Memberikan kontribusi nyata pada pengembangan teknologi perancangan pelontar peluru, demi terciptanya kemajuan teknologi nasional khususnya di bidang pertahanan.**

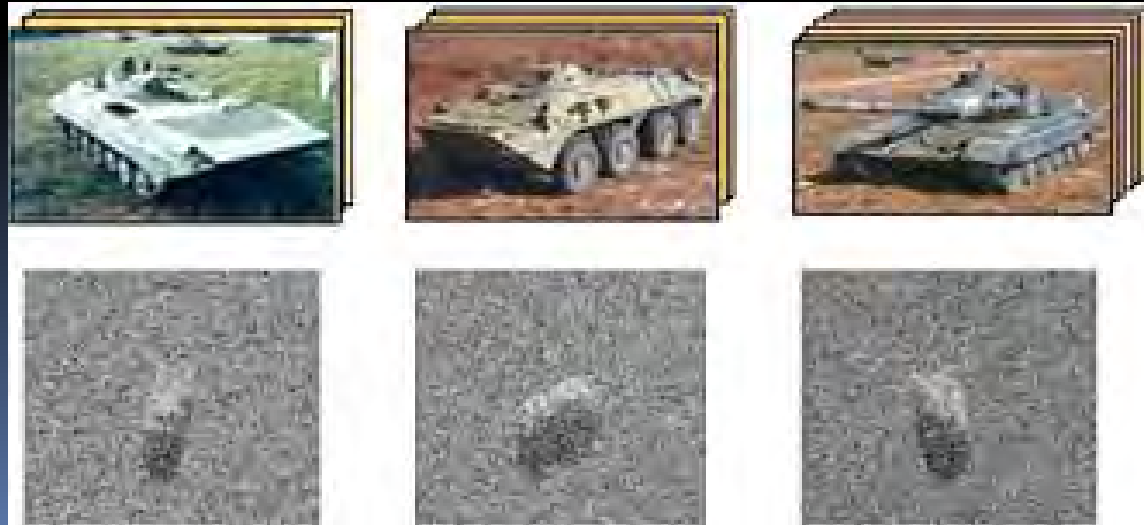


# Pengenalan Target Secara Otomatis

- Penelitian Gronwall (2006)



- Penelitian Ganggang Dong, dkk. (2014)



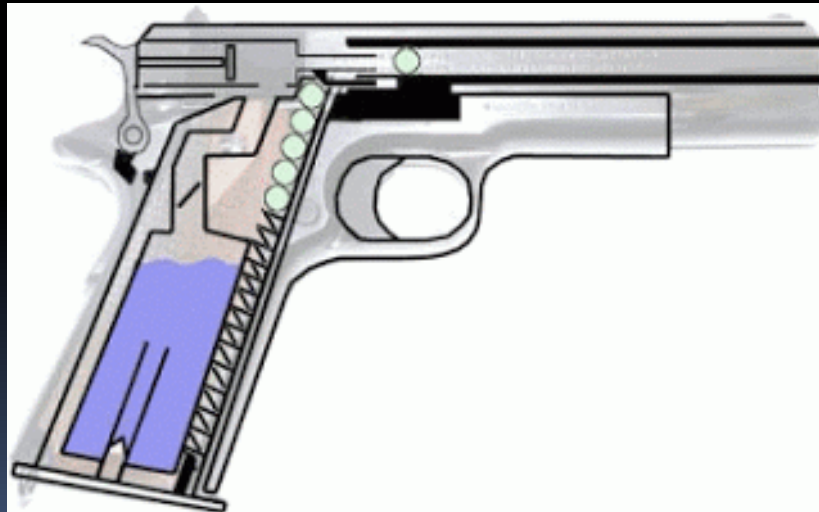
# Dasar Teori

- Senapan semi otomatis
  - ▣ Senapan yang penembakannya cukup dengan menarik pelatuk, tanpa harus mengisi peluru ke selongsong secara manual.



# Senapan Angin

- Senapan yang menggunakan peluru plastik, dimana tenaga utama yang digunakan mendorong peluru adalah tenaga dorongan tekanan udara.



# Silinder Pneumatik

- Silinder pneumatik adalah suatu perangkat mekanis yang menggunakan kekuatan udara bertekanan (udara yang terkompresi) untuk menghasilkan kekuatan dalam gerakan bolak – balik piston secara linier (gerakan keluar - masuk)

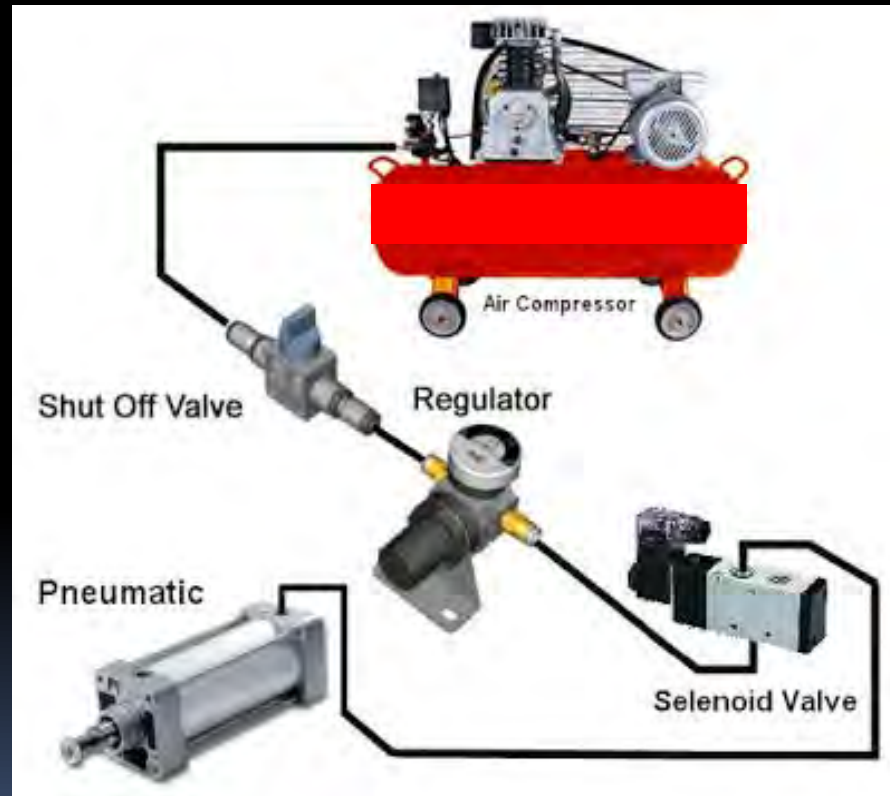


# Solenoid Valve

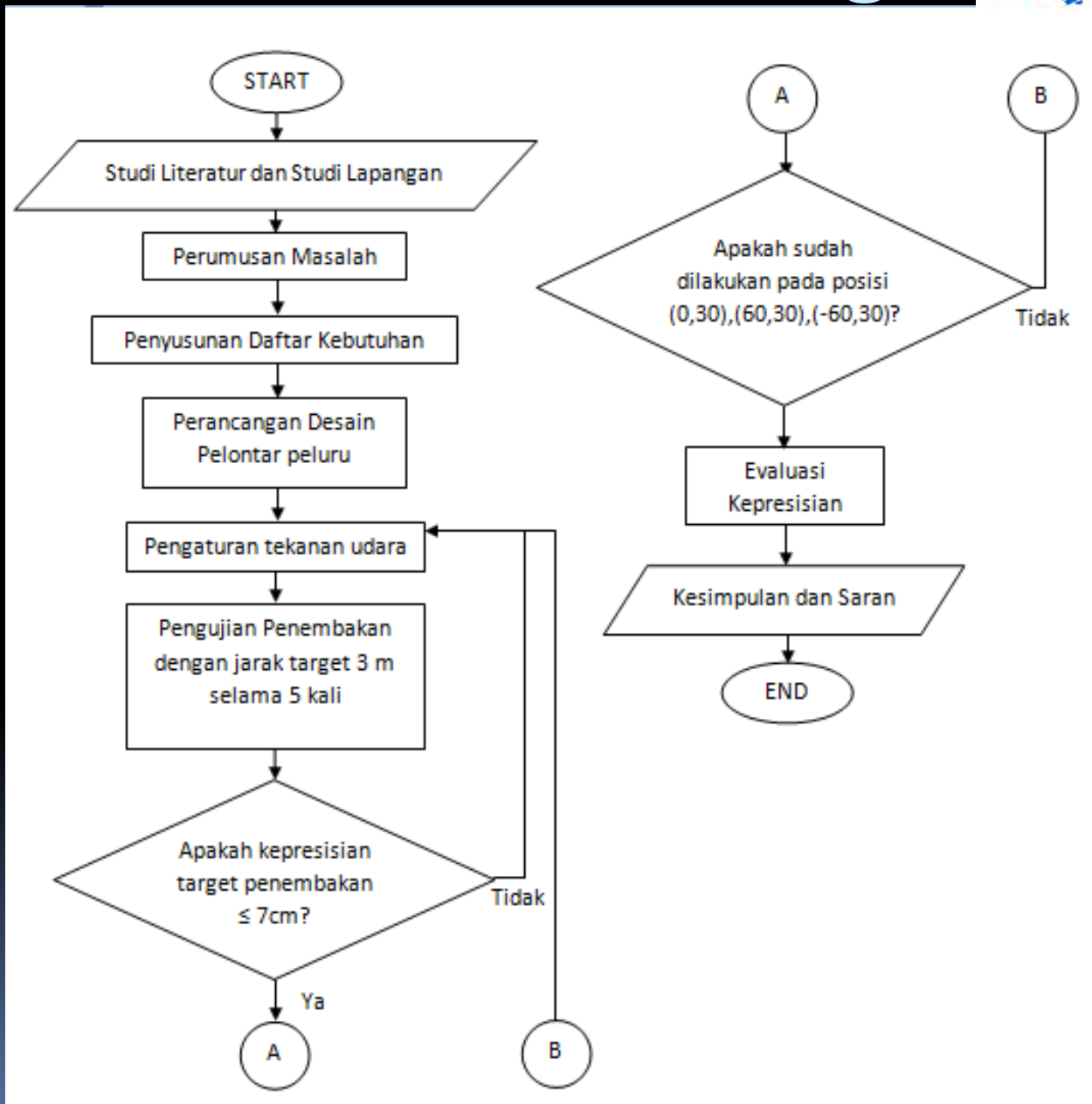
- Solenoid valve merupakan sebuah katup yang diatur menggunakan tenaga listrik



# Prinsip kerja Solenoid Valve

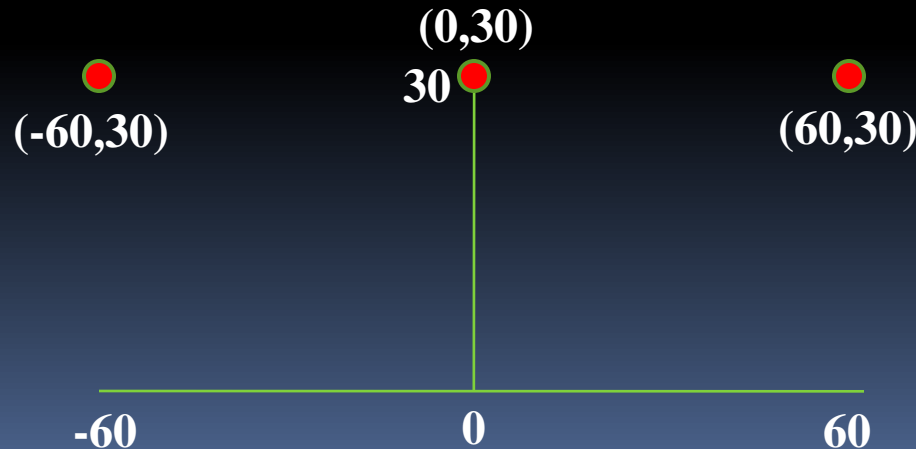


# Diagram Alir Perancangan



# Pengujian Penembakan

- Pengujian penembakan dilakukan di 3 titik, dengan 5 kali penembakan di tiap titik.
  - $(60,30)$
  - $(0,30)$
  - $(-60,30)$



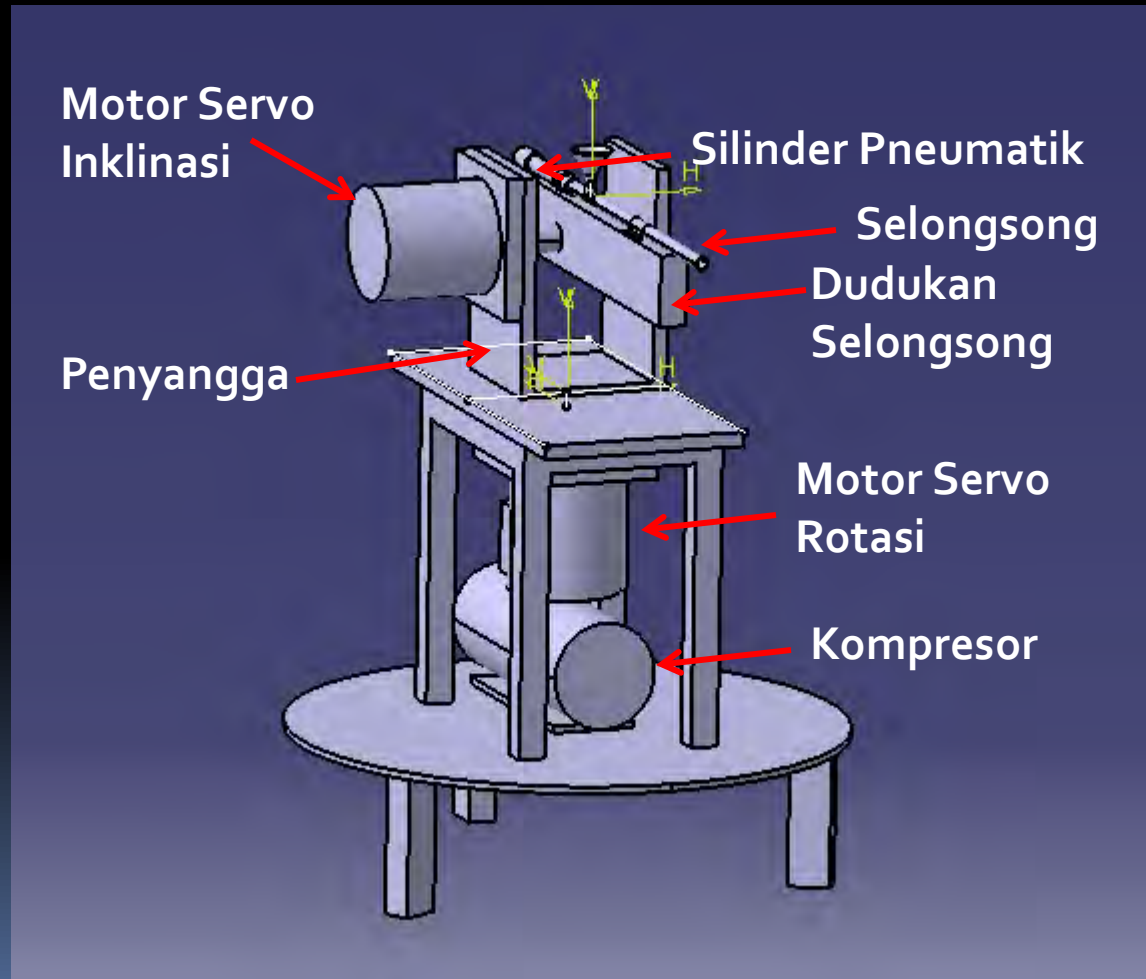


# Evaluasi Kepresisian

$$S_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n-1}}$$

- Dimana:
  - $S_{\bar{x}}$  = Koefisien kesalahan standar
  - $s$  = Standar Deviasi data sampel
  - $n$  = Ukuran sampel
- Semakin kecil koefisien standard error, semakin tinggi kepresisian dari sampel.

# Perancangan Desain Konstruksi Pelontar Peluru



# Data Awal

- Peluru
  - Bahan : Plastik
  - Diameter : 6 mm



# Spesifikasi Konstruksi

- Selongsong
  - Diameter rongga selongsong harus sekecil mungkin, namun tetap tidak memberikan hambatan pada laju peluru.
  - Ditetapkan
    - Diameter rongga 7 mm
    - Ketebalan 1 mm
    - Panjang 50 cm

- Silinder Pneumatik
  - Diameter poros  $< 7$  mm
    - Diameter poros 4 mm
    - Tekanan ijin 0,5-10 bar



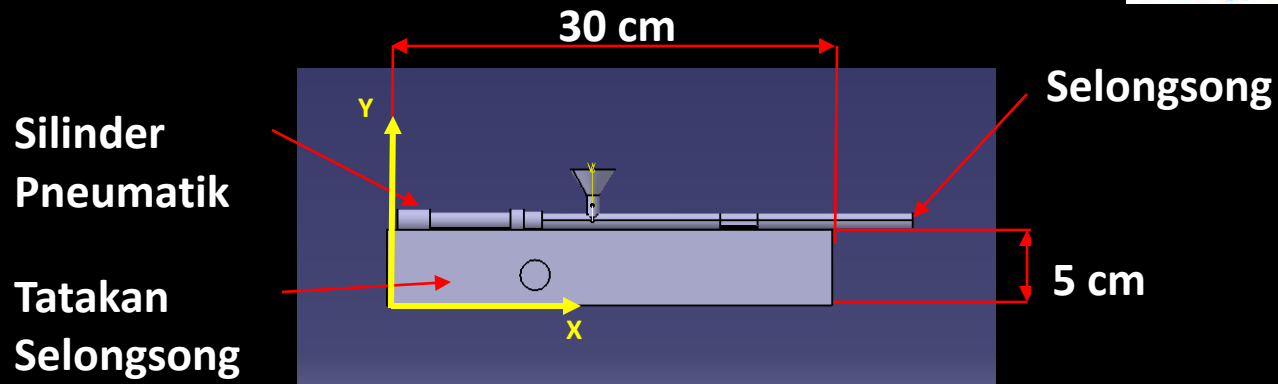
- Dudukan Selongsong
  - Tebal  $>$  Selongsong
    - Tebal 20 mm
    - Panjang 30 cm
    - Lebar 5 cm



- Perancangan Dudukan
  1. Menentukan pusat massa benda dari rangkaian selongsong, silinder pneumatik, dan balok dudukan dengan menggunakan persamaan

$$X = \frac{\sum X_i W_i}{\sum W_i}$$

$$Y = \frac{\sum Y_i W_i}{\sum W_i}$$



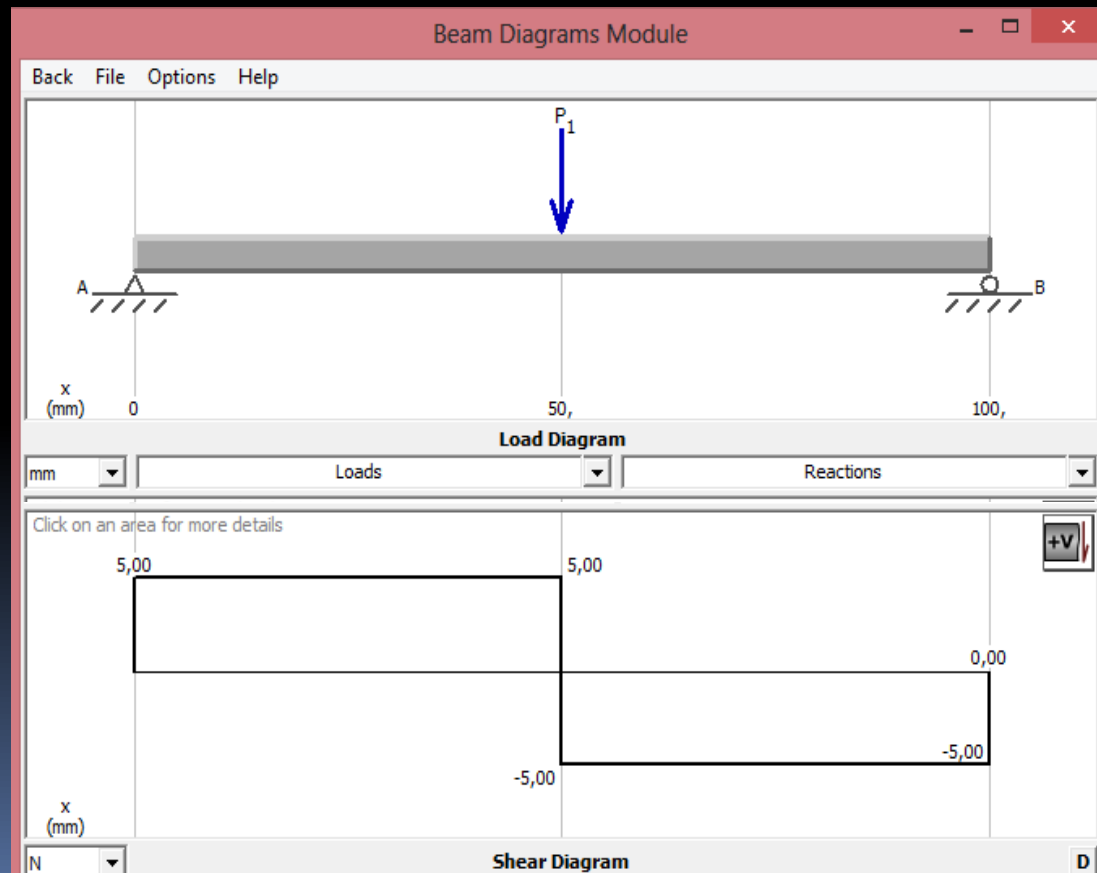
Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan

$$X = 143,19 \text{ mm}$$

$$Y = 38 \text{ mm}$$

# ■ Perhitungan Poros

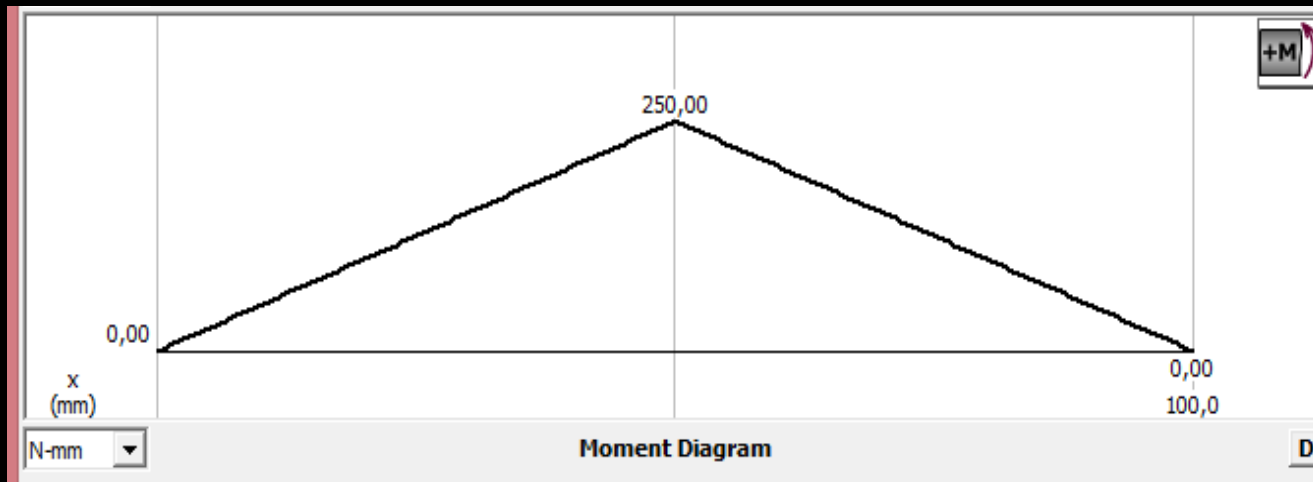
- Panjang Poros 10 cm
- Total beban dari rangkaian silinder, selongsong, dan dudukan 1 kg
- Gaya yang terjadi pada poros



$$\Sigma F_y = 0$$



$$\Sigma M = 0$$



Momen terbesar sebagai acuan 250 N.mm

Penentuan diameter minimal poros dengan persamaan Soderberg

$$D \geq \left[ \left( \frac{16}{\pi \cdot 0.5 s_{yp}} \right) \times \sqrt{(kb \cdot Mb)^2 + (kt \cdot Mt)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

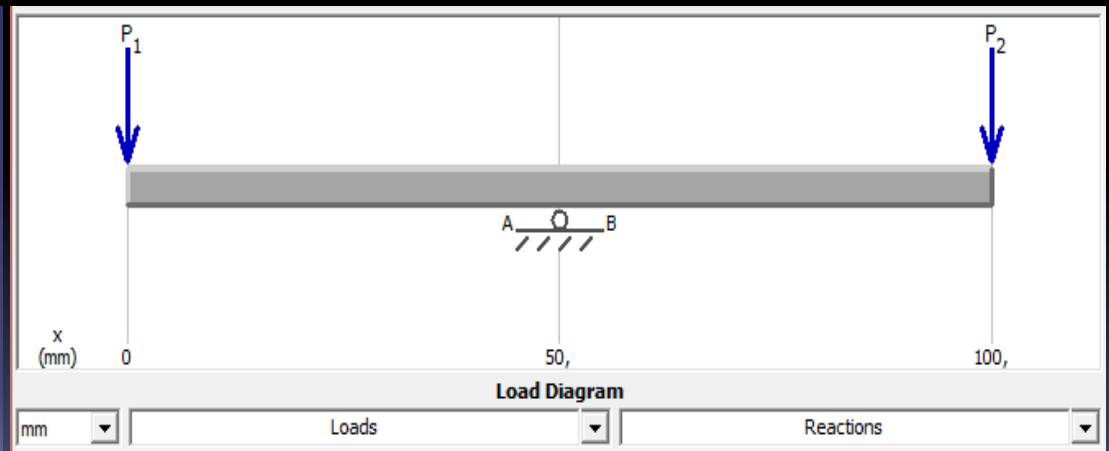
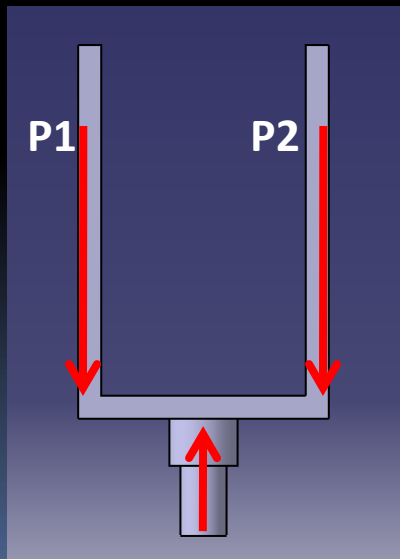
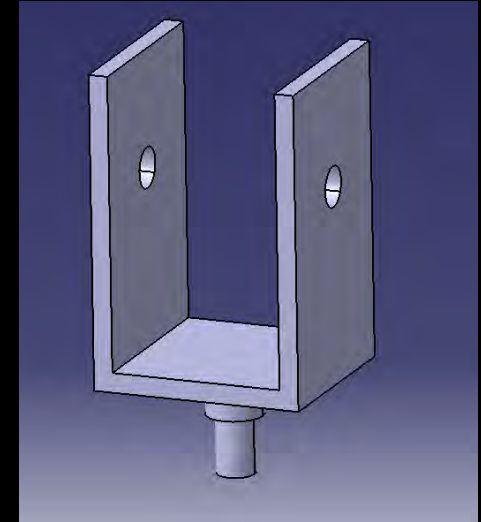
$$D \geq 8,07 \text{ mm}$$

# ■ Penyangga Penembak

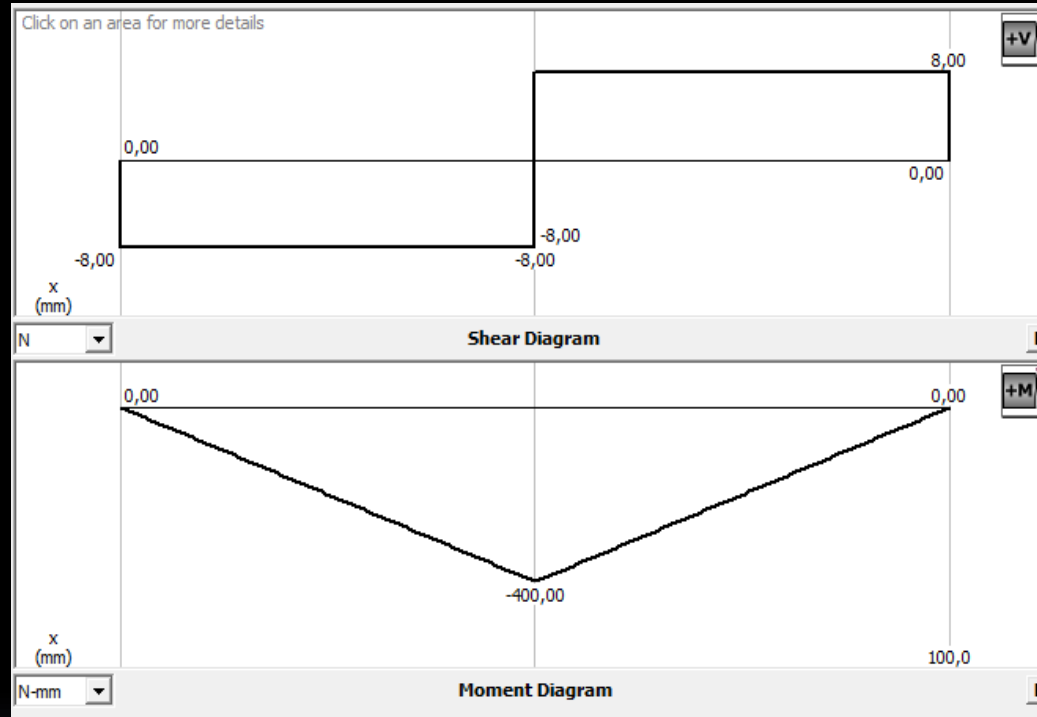
## □ Kondisi Awal

- Total Beban rangkaian poros dan papan penyangga poros 1,6 kg.
- Papan Penyangga penembak berdimensi 100 mm x 100 mm

## □ Analisa Distribusi Beban



## □ Analisa gaya geser dan gaya momen



$$\Sigma M = 0$$

Momen terbesar sebagai acuan 400 N.mm

Penentuan tebal minimal papan dengan persamaan

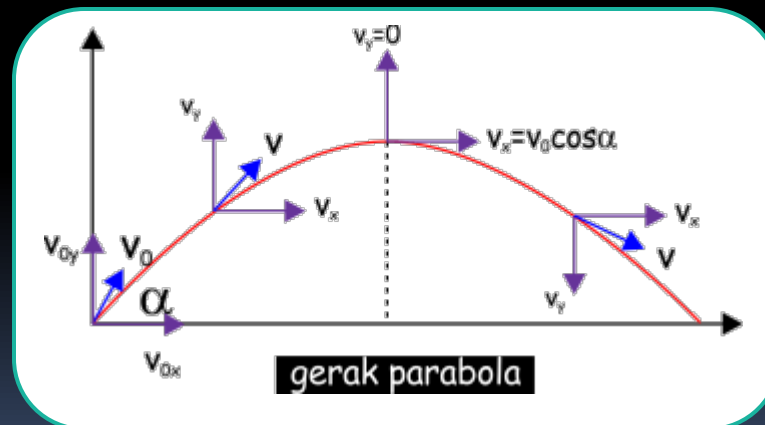
$$\frac{P_{ijin}}{n} = \frac{F}{A}$$

dengan nilai *safety factor* (n) = 2

Tebal minimal papan = 0,003 mm

# Spesifikasi Sistem Saluran Udara

- Kompresor
  - Dengan jarak 3 m dan diameter target 7 cm, maka diperoleh daya tekan minimum kompresor dengan menggunakan persamaan gerak parabolik



$$\square Y = V_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2 \quad \Rightarrow \quad t = 0,085s$$

- Kemudian menentukan kecepatan peluru dengan persamaan

$$v = \frac{s}{t} \quad \Rightarrow \quad v = 35,29s$$

- Menentukan Percepatan Peluru

$$\square V_t^2 = V_0^2 + 2as \quad \Rightarrow \quad a = 2.705 \text{ m/s}^2$$

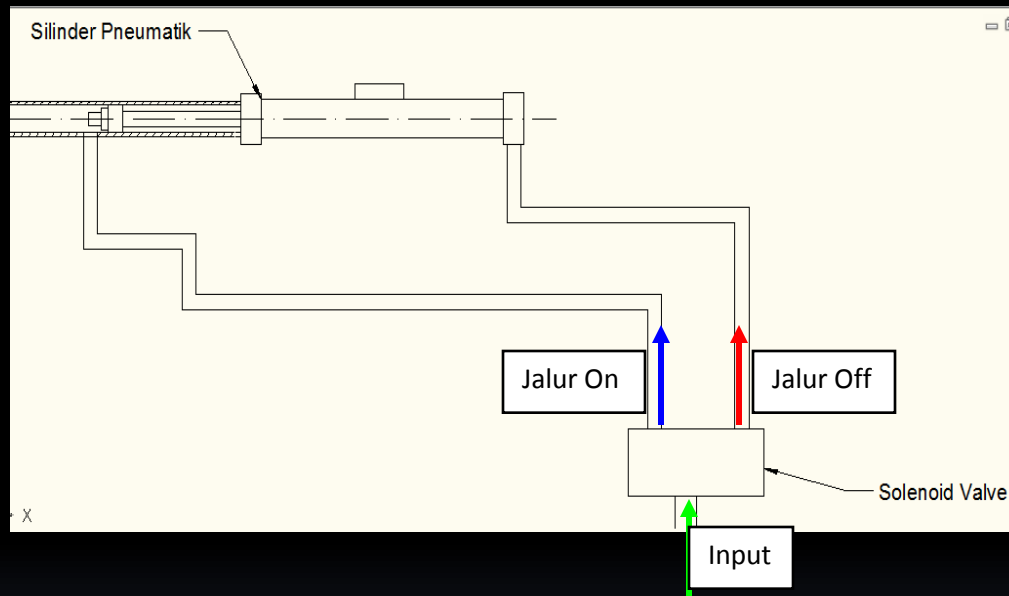
- Menentukan Gaya Udara

$$\square F = m.a \quad \Rightarrow \quad F = 2,705 \text{ N}$$

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow 0,54 \text{ bar}$$

Ditetapkan tekanan udara kompresor minimal sebesar 0,54 bar

- Solenoid Valve
  - Skema Rangkaian



- Menggunakan 2 way Solenoid valve



# Pelontar Peluru

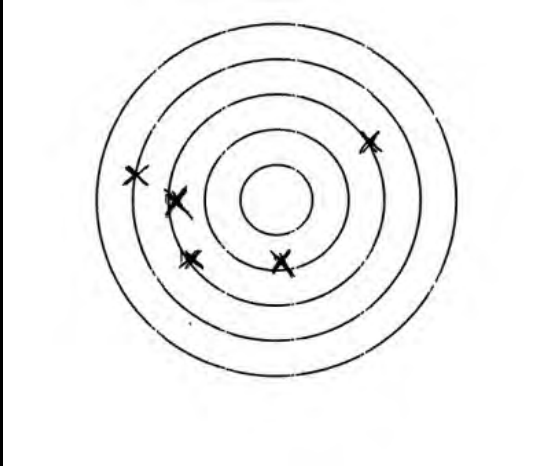


# PENGUJIAN

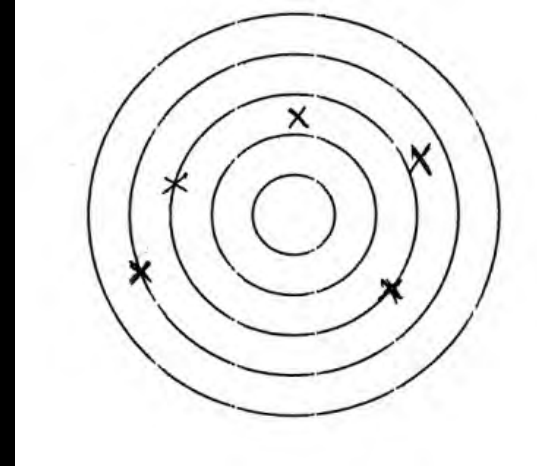


# HASIL PENGUJIAN

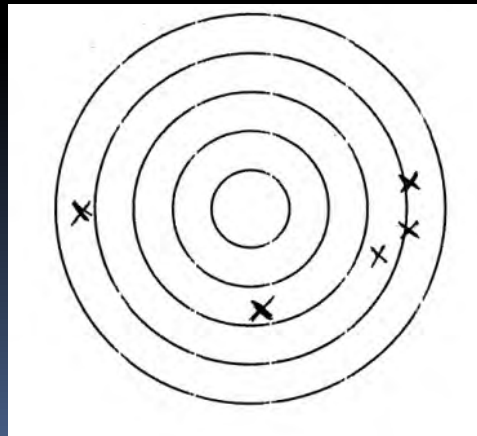
$(-60^{\circ}, 30^{\circ})$



$(0^{\circ}, 30^{\circ})$

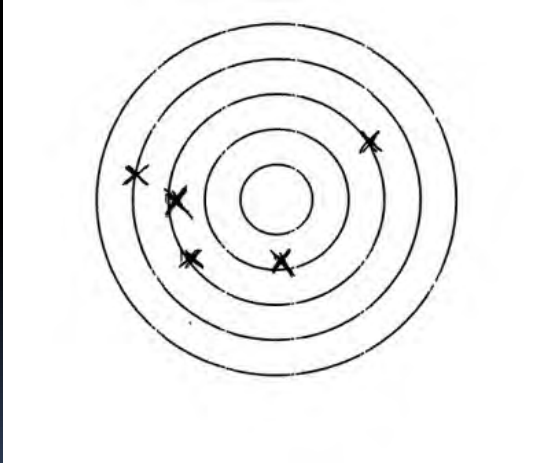


$(60^{\circ}, 30^{\circ})$



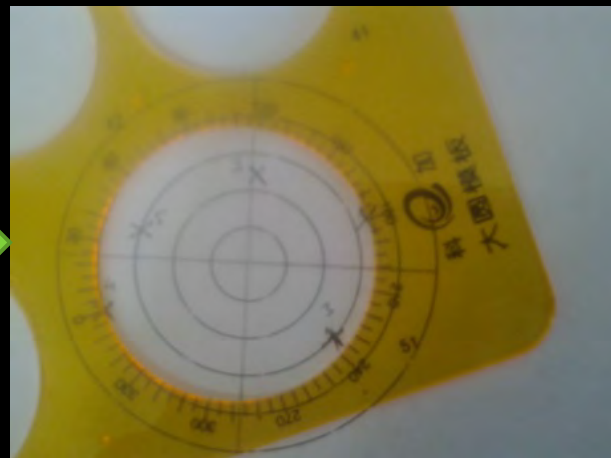
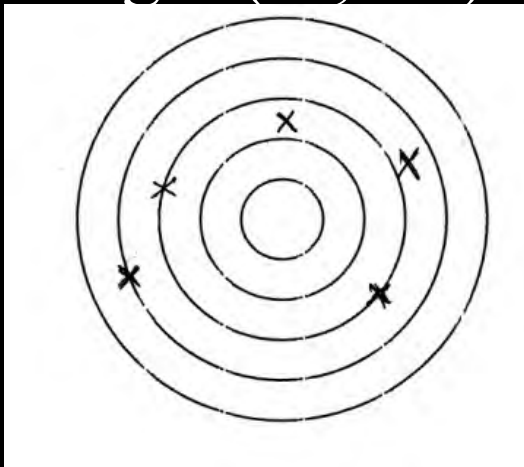
# Evaluasi Kepresisian

- Menggunakan metode plotting lingkaran yang melingkupi seluruh target hasil pengujian
- Target  $(-60^{\circ}, 30^{\circ})$



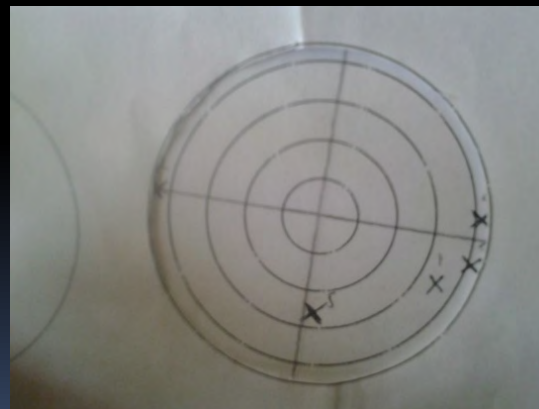
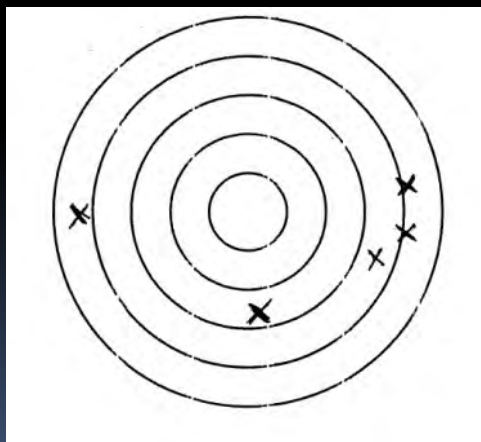
46 mm

- Target  $(0^{\circ}, 30^{\circ})$



51 mm

- Target  $(-60^{\circ}, 30^{\circ})$



60 mm

# Kesimpulan

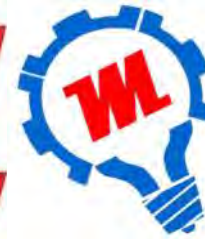
- Spesifikasi Alat
  - Silinder Pneumatik
    - Diameter Poros 4 mm
    - Tekanan 0,5-10 bar
  - Poros
    - Diameter minimal 8,07 mm
    - Ditetapkan diameter 30 mm dengan bahan nilon PP
  - Papan Penyangga
    - Tebal minimal 0,003 mm
    - Ditetapkan 10 mm dengan pertimbangan ukuran bearing, menggunakan bahan nilon PP



- Kompresor
  - Daya tekanan udara kompresor minimal 0,54 bar
- Solenoid Valve
  - Menggunakan 2 way Solenoid Valve
- Hasil Pengujian
  - Target  $(-60^0, 30^0)$ 
    - Kepresisian 46 mm
  - Target  $(0^0, 30^0)$ 
    - Kepresisian 51 mm
  - Target  $(-60^0, 30^0)$ 
    - Kepresisian 60 mm



# TM

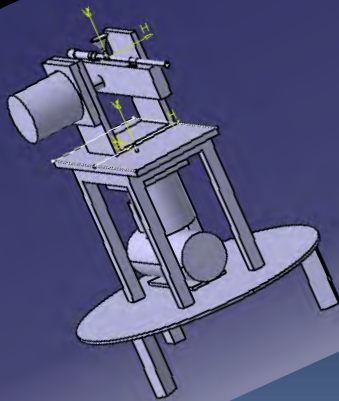


LAB

ERANCANGAN  
ENGEMBANGAN  
RODUK

TEKNIK MESIN - INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

# SEKIAN TERIMA KASIH





	MATERIALS	TENSILE STRENGTH	FLEX MOD OF ELASTICITY	IZOD IMPACT  (notched)	HEAT DEFLECT TEMP  66psi / 264psi	WATER ABSORPTION  Immersion 24 Hours
	▲▼	73° F ▲▼	73° F ▲▼	73° F ▲▼	▲▼	▲▼
<input type="checkbox"/>	ABS	4,100	304,000	7.7	200 177	0.30
<input type="checkbox"/>	ACRYLIC (Continuously Processed)	10,000	480,000	0.4	- 195	0.20
<input type="checkbox"/>	KYDEX® 100	6,100	335,000	18.0	- 173	0.05 - 0.08
<input type="checkbox"/>	NORYL® (Modified PPO)	9,600	370,000	3.5	279 254	0.07
<input type="checkbox"/>	PETG	7,700	310,000	1.7	164 157	0.20
<input type="checkbox"/>	POLYCARBONATE	9,500	345,000	12.0 - 16.0	280 270	0.15
<input type="checkbox"/>	POLYCARBONATE (20% Glass Filled)	16,000	800,000	2.0	300 295	0.16
<input type="checkbox"/>	POLYSTYRENE (High Impact)	3,500	310,000	2.0	- 185	-
<input type="checkbox"/>	POLYSULFONE	10,200	390,000	1.3	358 345	0.30
<input type="checkbox"/>	PVC (Rigid)	7,500	481,000	1.0	- 158	0.06
<input type="checkbox"/>	RADEL R®	10,100	350,000	13	- 405	0.37
<input type="checkbox"/>	ULTEM®	15,200	480,000	1.0	410 392	0.25
<input type="checkbox"/>	ULTEM® (30% Glass Filled)	24,500	1,300,000	1.6	414 410	0.16
<input type="checkbox"/>	ACETAL (Copolymer)	9,800	370,000	1.0	316 230	0.20
<input type="checkbox"/>	ACETAL (Homopolymer)	10,000	420,000	1.5	336 257	0.25
<input type="checkbox"/>	HDPE	4,000	200,000	-	172 -	0.10
<input type="checkbox"/>	LDPE	1,400	30,000	no break	122 -	0.10
<input type="checkbox"/>	NYLON (6 Cast)	10,000 - 13,500	420,000 - 500,000	0.7 - 0.9	400-430 200-400	0.60 - 1.20
<input type="checkbox"/>	NYLON (6/6 Extruded)	12,400	410,000	1.2	- 194	1.20
<input type="checkbox"/>	PBT	8,690	330,000	1.5	310 130	0.08
<input type="checkbox"/>	PEEK	14,000	590,000	1.6	- 306	0.50
<input type="checkbox"/>	PET (Semicrystalline)	11,500	400,000	0.7	240 175	0.10
<input type="checkbox"/>	PP (Homopolymer)	5,400	225,000	1.2	210 -	slight
<input type="checkbox"/>	PP (Copolymer)	3,800	215,000	12.5	190 -	slight
<input type="checkbox"/>	PPS	12,500	600,000	0.5	400 220	0.02
<input type="checkbox"/>	PTFE	1,500 - 3,000	72,000	3.5	250 -	<0.01